

repository.ub.ac.id

**ANALISA CURAH HUJAN TERHADAP DEBIT LIMPASAN  
MENGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)  
BACKPROPAGATION DI DAS WELANG**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR  
TEKNIK SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**VERDHI DWIKI OKTOPRIANICA  
NIM. 155060400111014**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2019**

repository.ub.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA CURAH HUJAN TERHADAP DEBIT LIMPASAN  
MENGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)  
BACKPROPAGATION DIDAS WELANG**

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR TEKNIK SUMBER DAYA**

**AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**VERDHI DWIKI OKTOPRIANICA**  
**NIM. 155060400111014**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 14 Oktober 2019.

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Ery Suhartanto, S.T., M.T.**  
**NIP. 19730305 199903 1 002**

**Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19711209 199803 2 001**

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Pengairan**

**Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.**  
**NIP. 197610131 198609 2 001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan usulan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu teriring kepada Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan kita.

Laporan ini merupakan laporan seminar usulan skripsi yang berjudul “**Analisa Curah Hujan Terhadap Debit Limpasan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation* di DAS Welang**”. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan laporan ini masih banyak kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasannya pengetahuan yang dimiliki penyusun.

Untuk itu dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., dan Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D., selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, saran serta pandangan mengenai pembahasan skripsi ini.
2. Dr. Very Dermawan, ST., MT., dan Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
3. Ayah, Ibu serta Kakak yang selalu memberikan doa serta dukungan penuh.
4. Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Dr. Ery Suhartanto ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Pak Komang dan pak Bufronn yang menemani dalam proses survei.
7. Staf administrasi Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Teman-teman pengairan angkatan 2015 yang terus menemani, menyemangati satu sama lain serta memberi dukungan selama pengerjaan skripsi ini berlangsung.
9. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini yang mungkin penyusun luput sebutkan.

Laporan Skripsi ini mungkin masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun berharap pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang konstruktif untuk dijadikan bahan evaluasi. Selamat membaca.

Malang, September 2019

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Tujuan dan Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum .....	5
2.2 Hidrologi .....	6
2.3 Analisa Hidrologi.....	8
2.3.1 Presipitasi.....	8
2.3.2 Analisa Data Curah Hujan yang Hilang .....	8
2.3.2.1 Normal Ratio Method .....	8
2.3.3 Uji Konsistensi Data Curah Hujan .....	9
2.3.3.1 Metode Kurva Masa Ganda .....	9
2.3.4 Analisis Curah Hujan Rerata Daerah.....	10
2.3.5 Uji Ketidadaan Trend .....	13
2.3.5.1 Uji Korelasi Peringkat Metode Sperman .....	13
2.3.5.2 Uji Mann Whitney .....	13
2.3.5.3 Uji Cox Stuart .....	14
2.3.6 Uji Stasioner .....	15
2.3.7 Membangkitkan Data Debit.....	19
2.3.7.1 Model Regresi Linier Sederhana.....	20
2.3.8 Uji Konsistensi Data Debit .....	20
2.3.9 Koefisien Aliran .....	21
2.4 Evapotranspirasi.....	23
2.4.1 Metode Blaney - Criddle .....	24
2.5 Matlab R2017a.....	24
2.6 Jaringan Syaraf Tiruan .....	27
2.6.1 Pengertian .....	27
2.6.2 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan.....	28
2.6.3 Arsitektur Jaringan .....	29
2.6.4 Fungsi Aktivasi.....	30

2.6.5 Model Jaringan <i>Backpropagation</i> .....	33
2.6.6 Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	34
2.7 Kalibrasi, Verifikasi dan Kalibrasi Hasil Pemodelan .....	36
2.7.1 Kalibrasi .....	36
2.7.1.1 Kesalahan Relatif .....	39
2.7.1.2 Efisiensi <i>Nash - Sutchliffe</i> .....	39
2.7.1.3 Koefisien Korelasi .....	40
2.7.2 Verifikasi .....	40
2.7.3 Validasi .....	41
2.8 Studi Terdahulu .....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
3.1 Deskripsi Lokasi Studi .....	45
3.2 Identifikasi Daerah Studi .....	47
3.2.1 Keadaan Geografis .....	47
3.2.1 Iklim .....	47
3.2.1 Keadaan Hidrografi .....	47
3.3 Data-data yang Dibutuhkan .....	48
3.4 Tahapan Penyelesaian Studi .....	48
3.5 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Pengolahan Data .....	55
4.2 Analisa Kualitas Data .....	56
4.2.1 Uji Konsistensi .....	56
4.2.1.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Stasiun Hujan .....	56
4.2.1.2 Uji Konsistensi Data Debit AWLR .....	61
4.2.1.3 Uji Ketiadaan Trend .....	63
4.2.1.4 Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman .....	63
4.2.1.5 Uji Mann - Whitney .....	67
4.2.1.6 Uji Ketiadaan Trend Metode Cox - Stuart .....	72
4.2.2 Uji Stasioner .....	75
4.2.2.1 Uji Kestabilan Varian (Uji F) .....	76
4.2.2.2 Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Uji T) .....	79
4.2.2.3 Rekapitulasi Hasil Uji Stasioner .....	83
4.3 Analisa Curah Hujan Rerata Wilayah .....	83
4.3.1 Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (Kr) .....	84
4.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rerata Wilayah .....	87
4.4 Pengolahan Data Temperatur .....	90
4.4.1 Metode Blaney - Criddle .....	90
4.5 Pengolahan Data Koefisien Aliran .....	92
4.6 Pengolahan Data Matlab R2017A .....	94
4.6.1 Hasil Pengolahan ANN Matlab R2017A .....	114
4.6.2 Kalibrasi .....	114
4.6.3 Verifikasi .....	118
4.6.4 Validasi .....	126
4.6.4.1 Kesimpulan Hasil Validasi .....	127
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>129</b>
5.1 Kesimpulan .....	129
5.2 Saran .....	130

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**



Halaman ini sengaja dikosongkan





## DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Nilai Kritis Fcr (Derajat Kepercayaan 5%) Distribusi F.....	17
Tabel 2. 2	Nilai Kritis tc Distribusi-t.....	19
Tabel 2. 3	Nilai $Q_{kritis}$ dan $R_{kritis}$ untuk Metode RAPS .....	21
Tabel 2. 4	Perhitungan Jumlah Air yang Mengalir Melalui <i>Outlet</i> .....	22
Tabel 2. 5	Angka Koreksi (c) Menurut Blaney - Criddle.....	24
Tabel 2. 6	Kriteria Nilai <i>Nash-Sutcliffe</i> .....	39
Tabel 2. 7	Nilai Koefisien Korelasi dan Hubungan Antara Variabel.....	40
Tabel 2. 8	Perbedaan Studi Terhadap Penelitian Terdahulu .....	42
Tabel 3. 1	Lokasi Stasiun Hujan di DAS Welang .....	46
Tabel 3. 2	Tahap Penyelesaian Studi.....	49
Tabel 3. 3	<i>Schedule</i> Pengerjaan Tugas Akhir.....	53
Tabel 4. 1	Lokasi Stasiun Hujan di DAS Welang .....	55
Tabel 4. 2	Uji Konsistensi Kurva Masa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang.....	57
Tabel 4. 3	Uji Konsistensi Kurva Masa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang Terkoreksi .....	59
Tabel 4. 4	Rekapitulasi nilai $\alpha$ Pada Masing-Masing Pos Stasiun Hujan .....	61
Tabel 4. 5	Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR .....	61
Tabel 4. 6	Rekapitulasi Hasil Uji RAPS Data debit AWLR Pada Setiap Periode .....	64
Tabel 4. 7	Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang.....	64
Tabel 4. 8	Ketidakadaan Trend Metode <i>Spearman</i> Stasiun Hujan Lawang .....	67
Tabel 4. 9	Rekapitulasi Perhitungan Metode <i>Spearman</i> Tahunan .....	67
Tabel 4. 10	Rekapitulasi Perhitungan Metode <i>Spearman</i> Bulanan.....	68
Tabel 4. 11	Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang Metode Mann-whitney.....	69
Tabel 4. 12	Uji <i>Mann</i> dan <i>Whitney</i> Stasiun Hujan Lawang .....	71
Tabel 4. 13	Rekapitulasi Perhitungan <i>Mann</i> dan <i>Whitney</i> Tahunan .....	71
Tabel 4. 14	Rekapitulasi Perhitungan <i>Mann</i> dan <i>Whitney</i> Bulanan.....	72
Tabel 4. 15	Kelompok Data Stasiun Hujan Lawang Metode Cox-Stuart .....	73
Tabel 4. 16	Uji <i>Cox</i> dan <i>Stuart</i> Stasiun Hujan Lawang .....	74
Tabel 4. 17	Rekapitulasi Perhitungan <i>Cox</i> dan <i>Stuart</i> Tahunan.....	74
Tabel 4. 18	Rekapitulasi Perhitungan <i>Cox</i> dan <i>Stuart</i> Bulanan .....	75
Tabel 4. 19	Pembagian Kelompok untuk Uji F Data Curah Hujan Stasiun Lawang Tahunan.....	76
Tabel 4. 20	Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Varian (Uji F) Tahunan .....	78
Tabel 4. 21	Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Varian (Uji F) Bulanan .....	79
Tabel 4. 22	Pembagian Kelompok untuk Uji t Data Curah Hujan Tahunan.....	79
Tabel 4. 23	Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji t) Periode Tahunan .....	82
Tabel 4. 24	Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji t) Periode Bulanan.....	82
Tabel 4. 25	Rekapitulasi Hasil Uji Stasioner .....	83
Tabel 4. 26	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Kr .....	86
Tabel 4. 27	Rekapitulasi Hasil Perhitungan CH Rerata Wilayah Periode Bulanan .....	87
Tabel 4. 28	Rekapitulasi Data Temperatur Udara Stasiun Tretes .....	91
Tabel 4. 29	Hasil Perhitungan Nilai p di Stasiun Tretes .....	91
Tabel 4. 30	Hasil Perhitungan Nilai Faktor Kebutuhan Air Tanaman $ET_0^*$ .....	92

Tabel 4. 31	Angka Koreksi (C) Menurut Blaney Criddle .....	92
Tabel 4. 32	Rekapitulasi Perhitungan $ET_0$ .....	92
Tabel 4. 33	Nilai Volume Air Larian Tahun 2009 .....	93
Tabel 4. 34	Nilai Volume Curah Hujan 2009 .....	93
Tabel 4. 35	Nilai Koefisien Aliran .....	93
Tabel 4. 36	Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target .....	96
Tabel 4. 37	Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target Tertransformasi. ....	99
Tabel 4. 38	Rekapitulasi Nilai Gradien R Setiap Data.....	114
Tabel 4. 39	Kesesuaian Hasil Model <i>Training</i> Matlab Tahun 2009 - 2013 pada Epoch 1000 .....	114
Tabel 4. 40	Rekapitulasi Error Hasil <i>Training</i> Matlab R2017a .....	117
Tabel 4. 41	Kesesuaian Hasil Model Prediksi Matlab Tahun 2014 – 2018 Epoch 1000.....	118
Tabel 4. 42	Perhitungan Error Hasil Simulasi Matlab R2017a.....	122
Tabel 4. 43	Rekapitulasi Hasil Validasi Berdasarkan Tabel Kategori .....	126



## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Siklus Hidrologi .....	7
Gambar 2. 2	Sketsa Analisa Kurva Masa Ganda .....	9
Gambar 2. 3	Contoh Penggambaran Metode Rata-Rata Hitung .....	11
Gambar 2. 4	Contoh Metode Poligon Thiessen .....	12
Gambar 2. 5	Matlab R2017a <i>Command Window</i> .....	25
Gambar 2. 6	Matlab R2017a <i>Workspace</i> .....	25
Gambar 2. 7	Matlab R2017a <i>Figure Windows</i> .....	26
Gambar 2. 8	Matlab R2017a <i>Toolbox Window</i> .....	27
Gambar 2. 9	Struktur Neuron Jaringan Syaraf .....	28
Gambar 2. 10	Fungsi Aktivasi pada jaringan syaraf .....	29
Gambar 2. 11	Fungsi Aktivasi Undan Biner .....	30
Gambar 2. 12	Fungsi Aktivasi Bipolar .....	30
Gambar 2. 13	Fungsi Aktivasi Linear .....	31
Gambar 2. 14	Fungsi Aktivasi Linear .....	31
Gambar 2. 15	Fungsi Aktivasi <i>Symetric Saturating Linear</i> .....	32
Gambar 2. 16	Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid Biner</i> .....	32
Gambar 2. 17	Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid Bipolar</i> .....	33
Gambar 2. 18	Arsitektur Jaringan <i>Backpropagation</i> .....	34
Gambar 3. 1	Peta Wilayah Sungai Welang - Rejoso .....	45
Gambar 3. 2	Peta Sub DAS Welang .....	46
Gambar 3. 3	Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir .....	50
Gambar 3. 4	Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir .....	50
Gambar 3. 5	Diagram Alir Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Software Matlab R2017a .....	52
Gambar 4. 1	Grafik kurva massa ganda Pos Stasiun Hujan Lawang .....	58
Gambar 4. 2	Grafik kurva massa ganda Pos Stasiun Hujan Lawang Terkoreksi .....	60
Gambar 4. 3	Hasil <i>input</i> batas DAS dan titik pos stasiun hujan Sub DAS Sumber Brantas .....	84
Gambar 4. 4	Pemilihan <i>tools</i> untuk membuat Poligon Thiessen .....	84
Gambar 4. 5	Proses memasukkan data lokasi pos stasiun hujan .....	85
Gambar 4. 6	Hasil Poligon Thiessen pada Sub DAS .....	85
Gambar 4. 7	Tampilan <i>Attribute Table</i> untuk luas pengaruh stasiun hujan .....	86
Gambar 4. 8	Tampilan Data Asli pada <i>Microsoft Excel</i> .....	95
Gambar 4. 9	Tampilan <i>Command Window</i> dan <i>Workspace</i> pada <i>Matlab R2017a</i> .....	102
Gambar 4. 10	Tampilan <i>Variabel Editor</i> .....	102
Gambar 4. 11	Hasil pemindahan data dari excel ke matlab .....	103
Gambar 4. 12	Tampilan klik kanan pada variabel di <i>workspace</i> .....	103
Gambar 4. 13	Menyimpan data Input dalam format <i>.mat</i> .....	104
Gambar 4. 14	nntool pada <i>Command Window</i> .....	104
Gambar 4. 15	Tampilan <i>Network Data Manager</i> .....	105
Gambar 4. 16	Tampilan <i>Import to Network/Data Manager</i> .....	105
Gambar 4. 17	Tampilan <i>Create Network or Data</i> .....	106
Gambar 4. 18	Tampilan <i>Network55</i> .....	107

Gambar 4. 19 Tampilan <i>Training Info</i> pada <i>Network55</i> .....	107
Gambar 4. 20 Tampilan <i>Training Parameter</i> pada <i>Network55</i> .....	108
Gambar 4. 21 Tampilan <i>Network Training</i> pada <i>Network55</i> .....	108
Gambar 4. 22 Tampilan <i>Plot Performance</i> pada <i>Network55</i> .....	109
Gambar 4. 23 Tampilan <i>Training State</i> pada <i>Network55</i> .....	109
Gambar 4. 24 Tampilan <i>Regression</i> pada <i>Network55</i> .....	110
Gambar 4. 25 Hasil optimal pada <i>Network55</i> .....	111
Gambar 4. 26 Layar <i>Export</i> .....	111
Gambar 4. 27 Tampilan <i>Simulate</i> pada <i>Network55</i> .....	112
Gambar 4. 28 Hasil Pengolahan Dengan Matlab R2017a pada Excel .....	113
Gambar 4. 29 Grafik Verifikasi 5 Tahunan (2014 – 2018) Regresi Eksponensial.....	120
Gambar 4. 30 Grafik Verifikasi 5 Tahunan (2014 – 2018) Regresi Linier .....	120
Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 5 Tahun (2014 - 2018) JST Epoch 1000, 2000, 3000.....	121
Gambar 4. 32 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 1000, 2000, 3000.....	123
Gambar 4. 33 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 1000.....	124
Gambar 4. 34 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 2000.....	124
Gambar 4. 35 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 3000.....	125
Gambar 4. 36 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Pembagian Data 8 Tahun Kalibrasi dan 2 Tahun Verifikasi Epoch 3000. ....	125

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Dokumentasi .....	133
Lampiran 2	Data Curah Hujan Stasiun Hujan. AWLR, dan Temperatur.....	141
Lampiran 3	Uji Konsistensi .....	151
Lampiran 4	Uji Ketiadaan Trend.....	165
Lampiran 5	Uji Stasioner.....	221
Lampiran 6	Curah Hujan Rerata Daerah .....	261
Lampiran 7	Kalibrasi .....	269
Lampiran 8	Verifikasi.....	305



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan





## RINGKASAN

**Verdhi Dwiki Oktoprianica**, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2019, *Analisa Curah Hujan Terhadap Debit Limpasan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation Di DAS Welang*, Dosen Pembimbing : Ery Suhartanto dan Sri Wahyuni.

Analisa curah hujan dan debit sungai sangatlah diperlukan sebelum melakukan suatu prediksi. Perkiraan debit dapat digunakan sebagai masukan untuk perencanaan bangunan air, dengan penggunaan metode yang tepat sangatlah diperlukan agar didapat hasil yang baik dan sesuai harapan. Penentuan debit dapat dilakukan dengan melakukan suatu pengukuran ataupun prediksi secara langsung, baik secara teori ataupun dari data historis, tetapi prediksi secara langsung dari data yang sudah ada ataupun dari grafik tidak bisa memberikan kepastian tentang keakuratan yang didapat, oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat digunakan untuk prediksi dengan keakuratan yang tinggi. Penggunaan model jaringan syaraf tiruan dapat dijadikan sebuah metode alternatif untuk mempelajari pola dan prediksi data hidrologi dengan akurasi yang baik.

Studi ini dilakukan untuk menganalisa curah hujan bulanan terhadap debit limpasan di DAS Welang menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan dengan data curah hujan bulanan, data koefisien aliran, serta data evapotranspirasi sebagai data *input*, dan data debit bulanan AWLR Dhompo sebagai data target dengan keseluruhan data berjumlah 10 tahun (2009 – 2018). Hasil simulasi dari program kemudian dibandingkan dengan data Debit AWLR Dhompo dengan menggunakan 3 uji, yaitu uji Kalibrasi, Verifikasi, dan Validasi. Uji Kalibrasi menggunakan pembagian data 5, 6, 7, 8, dan 9 tahun serta uji Verifikasi menggunakan pembagian data 5, 4, 3, 2, dan 1 tahun atau data sisa dari uji Kalibrasi. Uji yang digunakan dalam kalibrasi dan verifikasi adalah uji Efisiensi *Nash Sutcliffe (NSE)*, Koefisien Korelasi (*R*).

Hasil perhitungan debit model JST diperoleh berdasarkan hasil kalibrasi dan verifikasi masing masing data yaitu 5, 6, 7, 8, dan 9 tahun. Dari hasil verifikasi diperoleh hasil debit model terpilih adalah pada pembagian data 8 tahun kalibrasi dan 2 tahun verifikasi, dikarenakan hasil koefisien korelasi yang tidak jauh berbeda antara kalibrasi dan verifikasi. Maka, disimpulkan bahwa pembagian data yang terpilih adalah pembagian data 8 tahun kalibrasi dan 2 tahun verifikasi dengan nilai *R* sebesar 0,91 dan nilai *NSE* sebesar 0,82.

**Kata kunci** : Curah Hujan, Debit Limpasan, DAS Welang, Jaringan Syaraf Tiruan, *Backpropagation*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan





## SUMMARY

**Verdhi Dwiki Oktoprianica**, Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, August 2019, *Analysis of Rainfall-Runoff Using Backpropagation of Artificial Neural Network (ANN) Method in Welang Watershed*, Academic Supervisor : Ery Suhartanto and Sri Wahyuni.

*Rainfall-Runoff analysis is necessary before predicting the value of discharge, which can be used as an input for waterwork planning. Using the right method is necessary to get best result. The value of discharge can be obtained from direct measurement from direct prediction, but a direct predictions from a historical data or from a graphic cannot provide the perfect accuracy. Hence it needs another method that can be used to predict the value of discharge with high accuracy, Analysis of rainfall-runoff using artificial neural network can be used as an alternative method to study the pattern of data and to predict the value of runoff with high accuracy.*

*This study was conducted to analyse the Rainfall-Runoff in Welang Watershed using 10 years data set (2009 – 2018) of monthly Rainfall data, evapotranspiration, and runoff coefficient as an input data, and also monthly discharge data from AWLR Dhompoh as a target data. The output from simulation was compared to field data using 3 kind of tests, which is Calibration test, Verification, and Validation. Calibration test was done by splitting data 5, 6, 7, 8, and 9 years, and also Verification test by splitting data 5, 4, 3, 2, and 1 years or the residual data from Calibration test. The test that was used for calibration and verification were Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) and Correlation Coefficient (R).*

*The result of discharge model was obtained based on the Calibration test and Verification test of each data split which is 5, 6, 7, 8, and 9 years. Based on the verification test, the best value of discharge model obtained was on the data split of 8 years (2009 – 2016) as calibration test and 2 years (2017 – 2018), because the value of correlation coefficient and Nash Sutcliffe Efficiency were not much different between Calibration test and Verification test. Then, it was concluded that the best data split is 8 years (2009 – 2016) as Calibration test and 2 years (2017 – 2018) as Verification test with the value of  $R = 0,91$  and  $NSE = 0,82$ .*

**Keywords :** *Rainfall, Runoff, Welang Watershed, Artificial Neural Network, Backpropagation.*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Air adalah sumber kehidupan bagi makhluk hidup, baik itu manusia, tumbuhan, hewan, ataupun makhluk hidup lainnya yang tidak dapat terlepas dari ketergantungannya terhadap air. Dari keseluruhan air yang ada di bumi, laut merupakan badan air terbesar karena menyumbang 97% air yang ada di permukaan bumi, 1% merupakan air tawar yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh makhluk hidup, dan 2% adalah gletser dan es kutub yang berfungsi menstabilkan iklim global (Mochaimin, 2017, p.1). Volume air mempunyai sifat tetap, hanya saja wujudnya yang berbeda tiap waktu dikarenakan adanya siklus hidrologi.

Hidrologi merupakan salah satu faktor yang diperlukan untuk penyelesaian suatu permasalahan sumber daya air. Analisa hidrologi, yang dilakukan agar solusi permasalahan dapat ditemukan, membutuhkan beberapa data hidrologi seperti data curah hujan dan data debit, yang merupakan dasar dari suatu perencanaan pada sebuah kegiatan pengelolaan sumber daya air, sehingga perlu adanya pengelolaan data secara baik dan akurat sesuai peraturan dan teori yang ada untuk menunjang suatu ketepatan perencanaan.

Analisa curah hujan dan debit sungai sangatlah diperlukan sebelum melakukan suatu prediksi. Sistem prakiraan diperlukan untuk melihat kemungkinan perubahan kondisi alam pada waktu yang akan datang (Sunardi, 2011). Perkiraan debit dapat digunakan sebagai masukan untuk perencanaan bangunan air, dan dengan penggunaan metode yang tepat sangatlah diperlukan agar didapat hasil yang baik dan sesuai harapan. Penentuan debit dapat dilakukan dengan melakukan suatu pengukuran ataupun prediksi secara langsung, baik secara teori ataupun dari data historis, tetapi prediksi secara langsung dari data yang sudah ada ataupun dari grafik tidak bisa memberikan kepastian tentang keakuratan yang didapat, oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat digunakan untuk prediksi dengan keakuratan yang tinggi (Supiyati, dkk, 2009).

Di Indonesia terdapat banyak sekali metode dalam menganalisa curah hujan dan debit limpasan, contohnya seperti Rata-rata hitung, Poligon thiessen, dan isohyet untuk analisis hujan rata-rata daerah, serta HSS Snyder, HSS nakayasu untuk analisis banjir rancangan, tetapi dalam perhitungan diperlukan banyak parameter-parameter yang harus ditinjau. Mengatasi permasalahan yang ada, diperlukan adanya sistem analisis yang dapat

memprediksi dengan baik, salah satu sistem tersebut adalah penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Dalam penelitian ini, data yang digunakan untuk proses Jaringan Syaraf Tiruan adalah data curah hujan, data koefisien aliran, dan data temperatur utara. Hasil simulasi dari program ini akan dibandingkan dengan data Debit *AWLR* yang ada di titik tinjau. Untuk mencapai hasil korelasi yang diharapkan yaitu mendekati 1, yang berarti analisa berhasil dengan sangat baik, maka harus dicari kisaran parameter yang ada, dan berapa besar debit yang dihasilkan dari simulasi dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisa besarnya debit di *AWLR* Dhompo di DAS Welang berdasarkan curah hujan harian dan koefisien aliran menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.

Berikut Peneliti yang pernah melakukan penelitian terhadap Analisa Hidrologi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan :

1. Oktavia Triana Kurniawati, Very Dermawan, Emma Yuliani, Analisa Tinggi Muka Air Bengawan Solo Hilir Akibat Adanya *Floodway* dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. (2016).
2. Ummul Muhlisah, Very Dermawan, Prima Hadi Wicaksono, Analisa Peramalan Gelombang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Perencanaan Dermaga TUKS PT. Petrokimia Gresik (PERSERO). (2016).
3. Yuzy Alfahnie, Very Dermawan, Lily Montarcih Limantara, Analisa Tinggi Curah Hujan berdasarkan Kondisi Klimatologi dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. (2016).
4. Siska Widyastuti, Ery Suhartanto, Very Dermawan, Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model *Artificial Neural Network* di SUB DAS Lesti. (2016).
5. Nevandria Satria Yudha, Riyanto Haribowo, Very Dermawan, Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Kualitas Air Sungai di Titik Jembatan Jrebeng Kabupaten Gresik. (2017).

## 1.2. Identifikasi Masalah

DAS Welang memberikan kontribusi debit air yang besar di bagian hilir Kabupaten Pasuruan, secara administratif berada di Kota Pasuruan, Kabupaten Pasuruan dan sebagian kecil berada di Kabupaten Malang, tepatnya di kecamatan Lawang. Menurut Keppres Nomor 12 Tahun 2012, DAS Welang termasuk dalam Wilayah Sungai Welang-Rejoso, dimana kewenangan pengelolaannya menjadi milik Pemerintahan Provinsi Jawa Timur. DAS Welang dapat diklasifikasikan menurut lahannya yaitu 30% lahan hutan, 50% adalah lahan

ladang dan 20% merupakan pemukiman.

Kali Welang mempunyai banyak anak sungai, dengan luas DAS sebesar 506,83 km<sup>2</sup> dan panjang sungai sekitar 53 km, mempunyai karakteristik sungai berkelok-kelok dengan bentuk sungai serta kondisi DAS melebar pada bagian hulu. Kali Welang termasuk dalam sungai orde 1, yang berarti rawan terjadi banjir dan berdampak sangat serius terhadap kerusakan prasarana sumber daya air (bbwsbrantas.org, 2015).

DAS Welang sangat sering menghadapi permasalahan banjir, baik banjir besar ataupun hanya menjadi genangan, contohnya seperti kejadian banjir pada tanggal 11 Desember 2013 serta pada awal tahun 2015. Banjir terjadi dikarenakan adanya kiriman air dari daerah hulu, yaitu daerah Lawang dan Purwodadi, yang menyebabkan air pada kali Welang, khususnya bagian hilir, mengalami banjir (*overflow*). Wilayah bagian Kabupaten Pasuruan yang paling sering terkena dampak dari banjir di DAS Welang ini sendiri adalah Desa Karangketuk Kecamatan Gadingrejo Kota Pasuruan dan Desa Tambakrejo, Plinggisan Kecamatan Kraton Kabupaten Pasuruan dengan tinggi air melebihi 1 meter (tribunnews.com, 2014).

Untuk mencari solusi dari permasalahan yang dihadapi, dibutuhkan adanya analisis data hidrologi yang diperoleh dari pos hidrologi. Selama ini, hampir seluruh pos hidrologi mengalami masalah, baik permasalahan teknis ataupun kesalahan pembacaan. Banyaknya data yang hilang, tidak tercatat, ataupun ketidak akuratan data menyebabkan penyelesaian masalah seperti banjir menjadi kurang maksimal.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk analisa curah hujan dan debit sungai. JST adalah suatu metode yang dapat menemukan hubungan non-linear antara beban dan faktor-faktor yang bervariasi yang dapat digunakan untuk penyesuaian terhadap perubahan yang terjadi. Prediksi atau peramalan merupakan salah satu bidang yang dapat diaplikasikan dengan baik oleh JST, yang banyak digunakan untuk proses perencanaan serta pengambilan keputusan.

Matlab *backpropagation* merupakan suatu teknik prediksi yang sering digunakan dalam JST. Dikarenakan variabel yang ada dalam sistem prediksi debit ini bersifat *multi-layer*, sehingga analisa dapat terlaksana dengan baik.

Program ini juga memiliki keunggulan, yaitu :

1. Hasil yang cukup akurat
2. Adanya *Self-Organization* yang dapat membuat suatu organisasi sendiri untuk representasi dari informasi yang diterima
3. Fungsi matematika yang sederhana
4. Modul yang mudah untuk diperoleh

Penelitian ini adalah salah satu kajian pemanfaatan software untuk mencari solusi dalam penyelesaian masalah yang terjadi. Maka dari itu diperlukan adanya analisa terhadap curah hujan dan debit *AWLR* di DAS Welang.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah yang sudah dijelaskan diatas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kalibrasi model Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *Backpropagation*?
2. Bagaimana verifikasi debit model pada Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *backpropagation* terhadap data debit di lapangan?
3. Bagaimana validasi debit model dengan data lapangan?

### 1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah sesuai dan tidak meluas dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, maka ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Daerah studi berlokasi di DAS Welang Kabupaten Pasuruan.
2. Stasiun hujan yang digunakan dalam analisa berjumlah 7 buah.
3. Menggunakan *toolbox* Matlab metode *Backpropagation*
4. Data curah hujan dan debit diperoleh dari stasiun Lawang, Pager, Purwosari, Telebuk, Tutur, Wonorejo, dan Selowongko, serta *AWLR* Dhompo periode 10 tahun (2009-2018)
5. Pemodelan curah hujan menggunakan MATLAB 9.2.0.538062 (R2017a).
6. Prediksi hujan limpasan terhadap curah hujan dengan metode *Backpropagation* menggunakan teori dan rumus yang umum dan layak untuk digunakan.

### 1.5. Tujuan dan Manfaat

Dari rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kalibrasi model jaringan syaraf tiruan metode *backpropagation*
2. Mengetahui nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) perbandingan antara debit hasil model dari jaringan syaraf tiruan dan nilai debit Stasiun *AWLR* Dhompo.
3. Mengetahui hubungan debit sampel model (2017-2018) dengan debit Stasiun *AWLR* Dhompo (2017-2018) yang didapat dari hasil uji validasi

Manfaat yang dapat diperoleh dari adanya penelitian ini adalah diharapkan analisa curah hujan dan debit ini bisa dijadikan suatu referensi untuk perhitungan dalam penyelesaian kasus DAS yang serupa.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

DAS (Daerah aliran sungai) merupakan suatu daerah/wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan kemudian mengalirkan air yang berasal dari curah hujan dan turun ke danau atau ke laut secara alami, memiliki batas darat yang merupakan pemisah topografi dan batas laut yang sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas Daratan (UU no. 7 tahun 2004), DAS itu sendiri membunyai batas yaitu punggung-punggung bukit atau pegunungan yang berguna untuk menangkap suatu aliran air melalui sungai dan kemudian bermuara ke laut.

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dikarenakan dilalui oleh garis katulistiwa, dan hanya memiliki 2 musim dalam setahun, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Presipitasi itu sendiri merupakan suatu kejadian jatuhnya air dari atmosfer menuju ke permukaan bumi, yang mana bentuknya bermacam-macam, bisa berupa salju, hujan, kabut, dan embun. Dikarenakan di Indonesia hanya memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau, maka bentuk presipitasi yang paling dominan di negara ini adalah hujan. Sehingga, curah hujan ini akan selalu dilibatkan dalam setiap analisis hidrologi.

Dalam praktek analisis hidrologi di tahun-tahun terakhir ini, perkembangan model hidrologi sangatlah pesat sehingga sulit untuk menyebutkan satu demi satu, contohnya seperti Rata-rata hitung, Poligon Thiessen, dan isohyet untuk analisis hujan rata-rata daerah, serta HSS Snyder, HSS Nakayasu untuk analisis banjir rancangan. Hal-hal yang mendorong perkembangan yang demikian pesat tersebut diantaranya (Harto, 1993, p.3):

1. Kuantitas dan kualitas data yang kurang memadai
2. Kekurangcocokan model-model analisa hidrologi terhadap kasus-kasus spesifik di Indonesia.
3. Ketidakpuasan terhadap pemakaian cara-cara lama, yang didasarkan pada cara-cara empirik, ataupun model-model yang didasarkan hanya pada faktor geografik, karena dalam pengujiannya ternyata mengandung kesalahan yang cukup besar.

4. Ketersediaan data yang digunakan untuk suatu penelitian dan pengembangan cara-cara baru.
5. Kesenjangan antara beberapa pengertian tentang sistem hidrologi.
6. Rumitnya suatu sistem yang dianalisis.
7. Kurangnya akurasi dalam suatu peramalan atau prediksi sehingga adanya suatu kesalahan.

Maka dari itu, dalam praktiknya sangatlah sulit untuk pemilihan model yang akan digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi sistem DAS. “Tetapi bukan berarti model-model yang ada adalah model yang buruk, semua model adalah baik tergantung dari” (Harto, 1993, p.3):

1. Pendekatan yang telah digunakan.
2. Batasan model yang ada.
3. Tujuan serta pengembangan model tersebut.
4. Titik awal model saat model itu berkembang.

## **2.2. Hidrologi**

Secara umum Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang masalah keberadaan air di bumi (siklus air), baik di permukaan ataupun di bawah permukaan, dan hidrologi memberikan suatu alternatif bagi pengembangan SDA (sumber daya air) bagi industri dan pertanian.

Menurut Marta dan Adidarma (1983), “hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan dan distribusi air baik di permukaan ataupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat baik fisik maupun kimia air serta reaksinya terhadap suatulingkungan dan hubungannya dengan kehidupan”.

Singh (1992), “juga menyatakan bahwa hidrologi merupakan ilmu yang berbicara tentang karakteristik menurut ruang dan waktu tentang kuantitas dan kualitas air bumi, baik di permukaan dan dibawah permukaan, termasuk adanya suatu kejadian, penyebaran, pergerakan, eksplorasi, sirkulasi tampungan, pengembangan dan manajemen”.

Dari beberapa pendapat tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa hidrologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari/membahas tentang air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang pergerakan dan perputarannya, kejadiannya, pembagiannya serta pengaruhnya kepada kehidupan yang ada di bumi.

Pembahasan mengenai ilmu hidrologi tidak dapat terlepas dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi itu sendiri merupakan sirkulasi air yang mana terjadi terus-menerus dari atmosfer ke bumi dan kemudian kembali lagi ke atmosfer bumi melalui kondensasi, presipitasi,



evaporasi dan transpirasi.

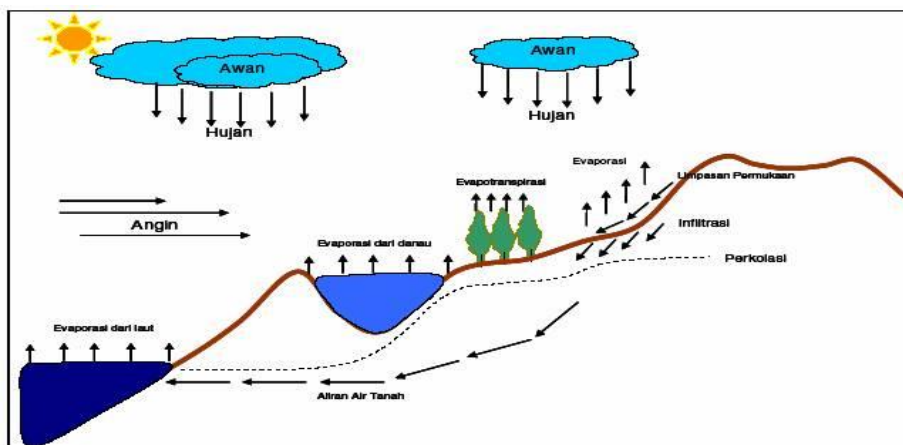
Evaporasi merupakan tahap pertama dalam siklus hidrologi disebabkan oleh adanya radiasi matahari yang kemudian berkumpul menjadi awan, pergerakan awal disebabkan oleh adanya angin yang bertiup dan menuju ke daratan. Hujan atau salju terbentuk dari adanya presipitasi yang terjadi dikarenakan adanya tabrakan/gesekan dari butiran air hasil penguapan akibat pergerakan angin.

Transpirasi juga merupakan salah satu proses penguapan, hanya saja penguapan yang terjadi bukan berasal dari laut ataupun badan air, tetapi penguapan yang terjadi pada bagian tubuh makhluk hidup khususnya pada tumbuhan dan hewan, Transpirasi mempunyai proses yang sama seperti evaporasi, yaitu air atau molekul cair pada tubuh makhluk hidup yang berubah menjadi uap air dikarenakan panas matahari, hanya saja jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan evapotranspirasi.

Evapotranspirasi merupakan proses penggabungan antara tahap evaporasi dan tahap transpirasi sehingga jumlah penguapan air pada proses ini sangat besar, selain itu Sublimasi juga merupakan proses penguapan, hanya saja tidak berasal dari badan air atau makhluk hidup tetapi berasal dari es.

*Run Off* atau juga bisa disebut limpasan, yang mana ketika air turun dalam bentuk hujan akan bergerak. Pergerakan yang dimaksud adalah pergerakan air dari permukaan yang tinggi ke permukaan yang lebih rendah hingga berakhir di laut, dalam usaha untuk mengalir ke laut tersebut beberapa diantaranya terserap ke dalam tanah (Infiltrasi) dan akan terus bergerak ke bawah (Perkolasi) yang mana akan menjadi air tanah.

Air yang terserap tersebut kemudian akan diserap oleh tanaman dan kemudian terjadi proses Transpirasi dan beberapa diantara akan mengalir hingga ke sungai atau laut mengalami Evaporasi



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi

Sumber: Soemarto, 1987, p.4

### 2.3. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi digunakan untuk mendapatkan debit banjir rencana pada lokasi yang ditinjau yang nanti akan digunakan untuk analisa terhadap debit yang sudah ada. Analisa dilakukan pada kondisi saat ini yaitu pada kondisi curah hujan yang diproses menjadi debit dan debit eksisting yang terdapat pada Pos *AWLR*. Dari hasil analisa tersebut nantinya dapat diketahui berapakah kesalahan (*Error*) yang didapat dan dari kesalahan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa apakah dari analisa tersebut dapat dilanjutkan untuk analisa selanjutnya, yaitu prediksi.

#### 2.3.1. Presipitasi

Arti dari Presipitasi adalah jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, bentuk dari jatuhnya air ke permukaan bumi inipun berbeda-beda, dapat berupa hujan ataupun salju, Jika uap air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berbentuk padat disebut salju (*snow*).

#### 2.3.2. Analisa Data Curah Hujan yang Hilang

Data sangat diperlukan dalam pengerjaan analisa hidrologi, data hujan yang dikumpulkan dan diperoleh dari suatu institusi pengelola perlu diperhatikan, dikarenakan beberapa kesalahan mungkin dapat terjadi, kesalahan yang paling banyak ditemui seperti kurang lengkapnya data, hilangnya bagian-bagian data, atau rusak alat pencatat.

Bila data yang hilang tersebut merupakan data yang mutlak diperlukan, maka tidak dimungkinkan untuk dibiarkan hilang, perkiraan data tersebut bisa dilakukan dengan metode dan cara-cara yang dikenal, sampai saat ini metode yang paling sering dijumpai untuk mencari data curah hujan yang hilang yaitu menggunakan metode *Normal Ratio Method*.

##### 2.3.2.1 Normal Ratio Method

*Normal Ratio Method* dapat digunakan untuk mencari/melengkapi data curah hujan yang hilang. Pada DAS yang akan ditinjau, terdapat beberapa stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS tersebut, pada stasiun hujan tersebut diperlukan data curah hujan selama 10 tahun terakhir. Dikarenakan panjangnya rentang waktu data curah hujan, kesalahan yang ada seperti kurang/hilangnya data yang diperlukan sangat sering dijumpai, data hujan yang hilang dapat dicari dengan menggunakan bantuan dari stasiun hujan sekitarnya pada waktu yang sama, metode ini dinamakan *Normal Ratio Method*, yaitu suatu metode mencari data curah hujan yang hilang pada stasiun hujan dengan bantuan stasiun hujan sekitarnya. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \frac{A_{nx}}{A_{ni}} \dots\dots\dots (2- 1)$$

Dengan :

$R_x$  = Tinggi Curah Hujan yang dicari pada stasiun X (mm)

$n$  = Banyaknya stasiun hujan di stasiun stasiun hujan stasiun X

$R_i$  = Tinggi Curah Hujan pada stasiun sekitar X (mm)

$An_x$  = Tinggi Curah Hujan rata-rata tahunan di stasiun X (mm)

$An_i$  = Tinggi Curah Hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar stasiun X (mm)

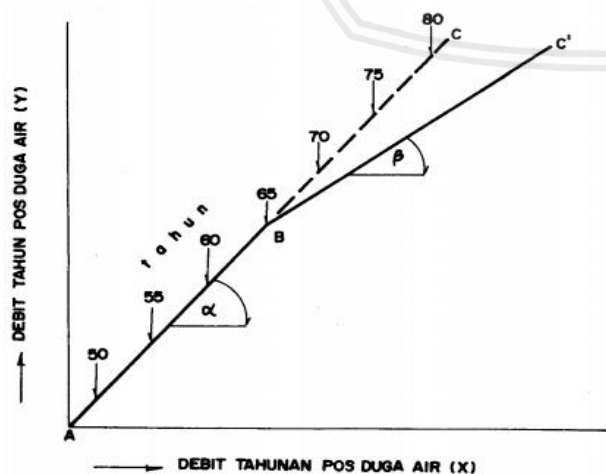
### 2.3.3. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data yang didapat di lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan saat pengiriman atau saat pengukuran, data yang didapat harus benar menggambarkan kejadian hidrologi sama seperti keadaan di lapangan. “Dengan kata lain data hidrologi dapat dikatakan tidak konsisten apabila ditemukan adanya perbedaan antara nilai pengukuran dan nilai sebenarnya” (Soewarno, 1995, p.23).

#### 2.3.3.1 Metode Kurva Masa Ganda

Jika terdapat data curah hujan tahunan dalam jangka panjang ditemukan adanya kesalahan-kesalahan seperti tidak ada/kurangnya suatu data, maka Kurva Masa Ganda dapat digunakan. Pada penggunaan metode Kurva Masa Ganda, terdapat kemiringan pada garis kurva, dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor, antara lain:

1. Perubahan secara tiba-tiba pada daerah hidrologis, seperti pembangunan bangunan-bangunan baru.
2. Pemindahan lokasi stasiun hujan.
3. Gangguan lingkungan.
4. Kerusakan alat/instrumentasi.
5. Ketidaksesuaian prosedur pengukuran.



Gambar 2. 2 Sketsa Analisa Kurva Masa Ganda  
Sumber: Soewarno, 1995, p.28

Salah satu cara pengujian konsistensi data adalah dengan menggunakan analisis kurva massa ganda. Cara yang dilakukan adalah membandingkan jumlah nilai curah hujan tahunan di stasiun hujan yang ingin diuji dengan jumlah nilai curah hujan tahunan rerata di suatu jaringan stasiun hujan yang berdekatan. Misal yang diuji adalah pos hujan Y, maka data dari pos hujan Y dapat dibandingkan dengan data hujan acuan X. Data hujan acuan X adalah nilai rata-rata dari pos hujan yang letaknya di sekitar/berpengaruh pos hujan Y bila kondisinya masih sama, baik hidrologi maupun lingkungan. Data minimal yang dimiliki diusahakan 10 tahun data yang berurutan, kemudian digambarkan kedalam kertas kurva (aritmatik). Dari perubahan pola pasangan data, dapat digunakan untuk menguji data di hujan pos hujan Y, dengan syarat apabila:

- a. Pola yang ada berupa garis lurus dan tidak adanya patahan arah garis itu, maka data hujan pos Y adalah konsisten.
- b. Jika pola yang ada berupa garis lurus tetapi terjadi patahan arah garis, maka data hujan pos hujan Y tidak konsisten dan harus dilakukan koreksi.

Dari gambar 2.2 menunjukkan gambar dari contoh analisis kurva massa ganda. Dari tahun 1950 – 1965 terdapat lengkungan garis yang dimulai pada tahun 1966 sehingga kurva massa ganda tidak lagi menjadi garis ABC, tetapi ABC', maka dari itu diharuskan dilakukannya suatu koreksi.

#### **2.3.4. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah**

Curah hujan yang dibutuhkan untuk pengerjaan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang berpengaruh, bukan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut dengan curah hujan daerah yang dinyatakan dalam millimeter (mm).

Cara yang digunakan untuk menghitung curah hujan daerah yaitu:

##### **1. Cara Rata-Rata Aljabar**

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan.

Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Untuk menentukan curah hujan baru dengan Metode rata-rata hitung (Aritmatic Mean) dipergunakan persamaan :

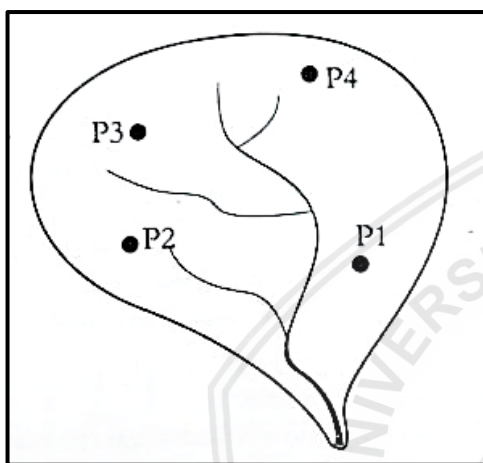
$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \dots\dots\dots(2- 2)$$

Dimana :

$\bar{X}$  = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

$X_n$  = curah hujan di tiap titik pengamatan

$n$  = banyaknya stasiun



Gambar 2. 3 Contoh Penggambaran Metode Rata-Rata Hitung

Sumber : Hadisusanto, 2010, p.18

## 2. Cara Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di daerah tersebut tidak tersebar secara merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata bias dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh pada tiap titik pengamatan. Curah hujan daerah itu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 2003, p.27):

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_N R_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N} \\ &= \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_N R_N}{A} \\ &= W_1 R_1 + W_2 R_2 + \dots + W_N R_N \dots\dots\dots(2- 3) \end{aligned}$$

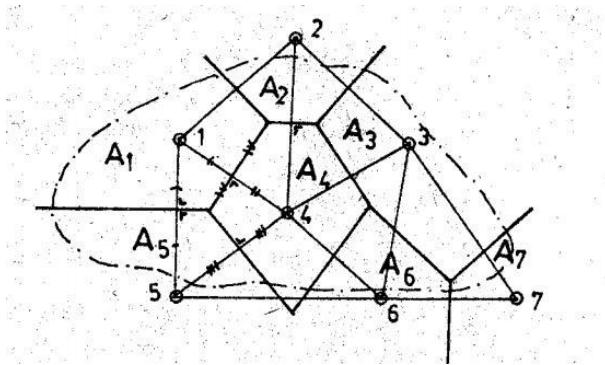
Dengan:

$\bar{R}$  = curah hujan daerah (mm)

$R_1, R_2, R_N$  = curah hujan di tiap titik pengamatan dan  $n$  adalah jumlah titik-titik pengamatan.

$A_1, A_2, A_N$  = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.





Gambar 2. 4 Contoh Metode Poligon Thiessen  
Sumber: Soemarto, 1987, p.10

### 3. Cara Garis Isohiet

Peta isohiet digambar pada peta topografi dengan interval 10 - 20 mm berdasarkan data curah hujan di titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah. Luas bagian daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Dan juga harga rata-rata dari garis-garis isohiet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 2003, p.29):

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_N R_N}{A_1 + A_2 + \dots + A_N} \dots\dots\dots(2- 4)$$

Dengan:

$\bar{R}$  = curah hujan daerah (mm)

$R_1, R_2, R_N$  = curah hujan rata-rata pada bagian-bagian  $A_1, A_2, \dots, A_n$

$A_1, A_2, A_N$  = luas bagian-bagian antara garis-garis isohiet.

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohiet dapat digambar dengan sangat baik. “Akan tetapi jika titik-titik pengamatan banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohiet ini akan terdapat kesalahan pribadi (*individual error*) si pembuat peta” (Sosrodarsono & Takeda, 2003, p.29).

Jika tiap pengamatan mencakup beberapa ratus  $\text{km}^2$  maka penggunaan peta topografi skala 1/20.000 sampai 1/500.000 adalah kira-kira cukup. Peta itu harus mencantumkan antara lain sungai-sungai utamanya dan garis-garis kontur yang cukup. “Pada pembuatan peta isohiet, maka topografi, arah angin dan lain-lain di daerah bersangkutan harus turut dipertimbangkan. Jadi untuk membuat peta isohiet yang baik, diperlukan pengetahuan/keahlian yang cukup” (Sosrodarsono & Takeda, 2003, p.29-30).

### 2.3.5. Uji Ketidadaan Trend

“Deret berkala yang nilainya menggambarkan gerakan yang berjangka panjang dan memiliki kecenderungan menuju kesatu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan pola atau trend (*trend*)”. (Soewarno, 1995, p.85).

Untuk mengetahui ada atau tidaknya trend dari suatu runtutan data lebih baik digunakan data lebih dari 25 tahun pengamatan runtut waktu. “Gerakan jangka panjang dari suatu deret berkala umumnya disebut dengan trend sekuler (*secular trend*)” (Soewarno, 1995, p.85).

Jika dalam deret berkala menunjukkan adanya suatu trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan sebagai analisis hidrologi, seperti analisis peluang dan simulasi. “Apabila deret berkala itu menggambarkan adanya trend, maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan” (Soewarno, 1995, p.85).

Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketidakadaan trend dalam deret data yaitu:

1. Metode Spearman
2. Metode Mann dan Withney
3. Metode Cox dan Stuart

#### 2.3.5.1 Uji Korelasi Peringkat Metode Sperman

Pada uji ini, trend dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variant dari suatu variabel hidrologi. Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut (Soemarto, 1995, p. 87) :

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{m^3 - m} \dots\dots\dots (2- 5)$$

$$T = KP \left( \frac{m-2}{1-KS^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2- 6)$$

Dengan:

KP = Koefisien korelasi peringkat dari spearman

m = N-2

n = Jumlah data

dt = Perbedaan nilai antara peringkat data ke-X dan data ke-X+1

t = Nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umunya 5%)

Digunakan untuk menentukan variabel waktu dan hidrologi yang saling tergantung atau tidak.

#### 2.3.5.2 Uji Mann Whitney

Uji Man dan Whitney untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan

berasal dari populasi yang sama atau tidak. dari dua kelompok sampel yang diukur dari dua kelompok populasi A dan B, maka dapat dibuat hipotesis bahwa A mempunyai sebaran yang sama dengan B. Untuk pengujian kedua kelompok tadi digabungkan dan kemudian dibuat rangkaian dari data tersebut dari nilai yang terkecil sampai yang terbesar, pekerjaan ini sering disebut dengan membuat peringkat (*rank*).

Tahapan pengujiannya adalah :

1. Gabungkan kedua kelompok data A dan B
2. Buat peringkat rangkaian data dari nilai yang terkecil sampai terbesar
3. Hitung jumlah peringkat rangkaian data tiap kelompok
4. hitung parameter statistik :

$$U_1 = N_1 N_2 + (N_1/2)(N_1+1) - R_m \dots\dots\dots(2- 7)$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1 \dots\dots\dots(2- 8)$$

Dengan:

$U_1, U_2$  = Parameter statistic

$N_1$  = Jumlah data kelompok A

$N_2$  = Jumlah data kelompok B

$R_m$  = Jumlah nilai peringkat dari rangkaian data kelompok A

5. Pilih nilai  $U_1$  dan  $U_2$  yang nilainya lebih kecil sebagai nilai U
6. Hitung uji Mann-Whitney, sebagai nilai

$$Z : \frac{U - \frac{N_1 \times N_2}{2}}{\left(\frac{1}{12} \times (N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1))\right)^{0.5}} \dots\dots\dots(2- 9)$$

Kelompok A dan B dianggap mempunyai distribusi normal, sehingga dapat ditentukan nilai  $Z_c$  dalam pengujian 2 sisi. Bila nilai  $Z < Z_c$  maka  $H_0$  diterima, begitu pula sebaliknya.

### 2.3.5.3 Uji Cox Stuart

Perubahan trend dapat juga dilihat dengan uji tanda dari Cox and Stuart. Nilai data urutan waktu dibagi menjadi 3 bagian yang sama. Setiap bagian jumlahnya  $n' = n/3$ . Apabila sampel acak tidak dapat dibagi menjadi tiga bagian yang sama maka bagian yang kedua jumlahnya dikurangi 2 atau 1 buah. Selanjutnya membandingkan nilai bagian 1 dan ke 3, dan memberi tanda (+) untuk nilai yang plus dan (-) untuk nilai yang negatif. Jumlah total nilai (+) dan (-) diberi tanda S, maka nilai Z dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk sampel besar ( $n \geq 30$ )

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6}}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(2- 10)$$

Untuk sampel kecil ( $n < 30$ )



$$Z = \frac{s - \frac{n}{6} - 0,50}{\left(\frac{n}{12}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2- 11)$$

### 2.3.6. Uji Stasioner

Apabila deret berkala tersebut tidak menunjukkan adanya suatu trend, sebelum data deret berkala dapat digunakan untuk analisis lanjutan harus dilakukan Uji Stasioner. Apabila menunjukkan adanya suatu trend maka deret berkala tersebut dapat dilakukan analisis menurut garis trend yang dihasilkan. “Analisis garis trend dapat menggunakan analisis regresi. Model matematik yang digunakan untuk analisis regresi tergantung dari kecenderungan garis trend yang dihasilkan, Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan Uji-F” (Soewarno, 1995, p.95).

Apabila setelah dilakukan pengujian Uji F dan hasil hipotesis nol ditolak, maka nilai variannya tidak homogen. Deret berkala dengan nilai varian tidak homogen yang man berarti tidak stasioner, dan tidak perlu melakukan pengujian selanjutnya. Tetapi bila hipotesis nol dan nilai varian menunjukkan stasioner, maka dilakukan pengujian terhadap kestabilan nilai rata-ratanya.

Adapun uji F ini menggunakan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995, p.97-98):

#### 1. Uji Kestabilan varian (Persamaan Uji-F)

$$F = \frac{N_1 S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 S_2^2 (N_1 - 1)} \dots\dots\dots (2- 12)$$

Dengan:

F = fungsi distribusi F

N<sub>1</sub> = jumlah sampel kelompok sampel ke 1

N<sub>2</sub> = jumlah sampel kelompok sampel ke 2

S<sub>1</sub> = deviasi standar kelompok sampel ke 1

S<sub>2</sub> = deviasi standar kelompok sampel ke 2

Hipotesa:

F < F<sub>cr</sub> = Maka data homogen (Diterima)

F > F<sub>cr</sub> = Maka data tidak homogeny (Tidak Diterima)

#### 2. Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Persamaan Uji-t)

Uji t adalah uji statistic yang digunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis nol. Untuk menguji dua set sampel data apakah berasal dari populasi yang sama atau tidak dapat menggunakan pengujian distribusi-t, yang juga merupakan uji-parametrik (*Parametric test*) seperti distribusi normal.

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \dots\dots\dots(2- 13)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 Sd_1^2 + N_2 Sd_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \dots\dots\dots(2- 14)$$

Dengan:

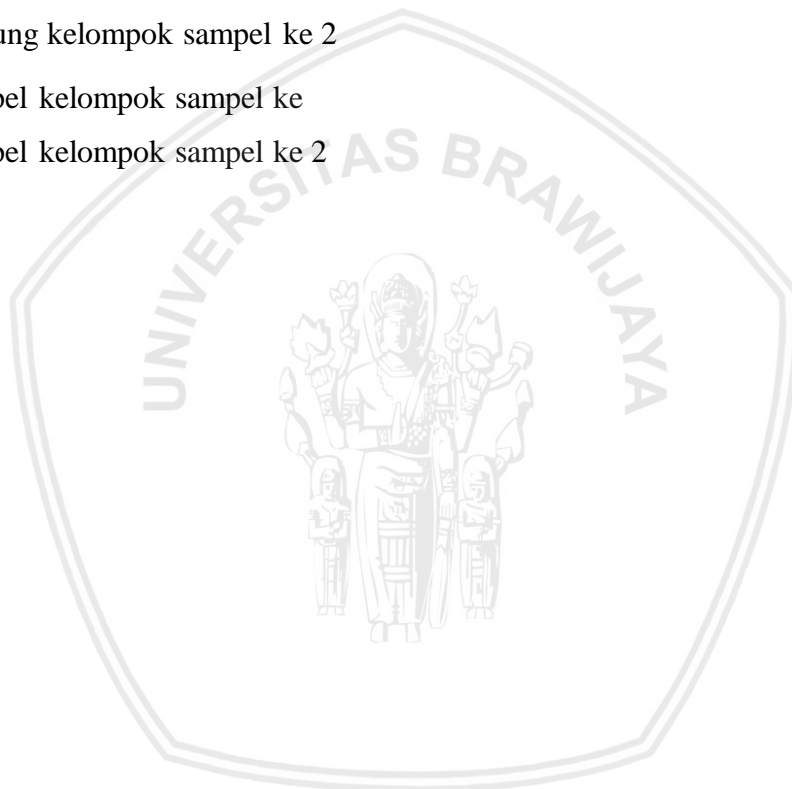
t = variabel-t terhitung

$\bar{X}_1$  = rata-rata hitung kelompok sampel ke 1

$\bar{X}_2$  = rata-rata hitung kelompok sampel ke 2

$N_1$  = jumlah sampel kelompok sampel ke

$N_2$  = jumlah sampel kelompok sampel ke 2



Tabel 2.1  
 Nilai Kritis Fc (Derajat Kepercayaan 5%) Distribusi F

dk2 = V2	dk1 = V1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,40	199,50	215,70	224,60	230,20	234,00	236,80	238,90	240,50
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,18
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
$\infty$	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

Lanjutan Tabel 2.1 Nilai Kritis Fcr (Derajat Kepercayaan 5%) Distribusi F

dk2 = v2	dk1 = v1									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	241,90	243,90	245,90	248,00	249,10	250,10	251,10	252,20	253,30	254,30
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,01
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
$\infty$	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Sumber : Soewarno, 1995, p.81

Tabel 2. 3  
 Nilai Kritis tc Distribusi-t

dk	Derajat Kepercayaan $\alpha$				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
$\infty$	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Sumber: Soewarno, 1995, p.77.

### 2.3.7. Membangkitkan Data Debit

Permasalahan yang sudah umum dijumpai dalam analisa hidrologi adalah kurangnya data yang didapatkan sehingga proses analisa menjadi terhambat. Dibutuhkan suatu metode agar memperoleh rekaman data yang diperlukan dari data yang terbatas tersebut, sehingga

perlu dilakukannya suatu pembangkitan data.

### 2.3.7.1 Model Regresi Linier Sederhana

Fenomena hidrologi yang terdiri dari dua variabel berpasangan  $\{(X_i, Y_i); i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ , bila dibuat hubungan maka akan dapat membentuk garis kurva linier sederhana dengan dua model persamaan regresi garis lurus sebagai berikut (Soeawarno, 1995, p.140) :

$$Y = a_1 X + b_1 \dots\dots\dots(2- 15)$$

$$X = a_2 Y + b_2 \dots\dots\dots(2- 16)$$

Dengan :

Y = Persamaan garis lurus Y atas X

X = Persamaan garis lurus X atas Y

$a_1, a_2$  = Koefisien regresi merupakan koefisien arah dari garis regresi.

$b_1, b_2$  = Koefisien yang merupakan titik potong dari garis regresi.

### 2.3.8. Uji Konsistensi Data Debit

Metode pengujian data debit yang dapat digunakan adalah metode *RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums)*. “Secara umum, metode ini dilakukan untuk melihat adanya loncatan (*jump*) nilai rata-rata data (*mean*) pada pengujian statistik. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut” (Harto, 2009, p.39):

1. Data debit diurutkan berdasarkan tahun, kemudian menghitung nilai rerata.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} \dots\dots\dots(2- 17)$$

2. Menghitung nilai  $S_k^*$ .

Untuk perhitungan tahun pertama, nilai  $S_k^*$  sama dengan nilai  $Y_i - \bar{Y}$ . Sedangkan untuk perhitungan selanjutnya adalah sebagai berikut:

$$S_k^* = (Y_i - \bar{Y})_t + (Y_i - \bar{Y})_{t+1} \dots\dots\dots(2- 19)$$

3. Menghitung nilai  $D_y^2$ .

$$D_y^2 = \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \dots\dots\dots(2- 20)$$

4. Menghitung nilai  $D_y$

$$D_y = \sqrt{\sum_{i=1}^N D_y^2} \dots\dots\dots(2- 22)$$

5. Menghitung nilai  $S_k^{**}$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^{**}}{D_y} \dots\dots\dots (2- 23)$$

6. Menghitung nilai absolut dari  $S_k^{**}$  dengan menghilangkan nilai negatif.
7. Mencari nilai minimum dan maksimum dari keseluruhan nilai  $S_k^{**}$ .
8. Menentukan nilai Q dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = S_k^{**} \text{ maks} \dots\dots\dots (2- 24)$$

9. Menentukan nilai R dengan rumus sebagai berikut:

$$R = S_k^{**} \text{ maks} - S_k^{**} \text{ min} \dots\dots\dots (2- 25)$$

10. Menghitung nilai  $\frac{Q^{0,5}}{\sqrt{N}}$  dan  $\frac{R^{0,5}}{\sqrt{N}}$  sebagai nilai  $Q_{\text{hitung}}$  dan  $R_{\text{hitung}}$ .
11. Membandingkan nilai  $Q_{\text{hitung}}$  dan  $R_{\text{hitung}}$  dengan nilai  $Q_{\text{kritis}}$  dan  $R_{\text{kritis}}$ . Dalam perbandingan ini diperoleh hasil nilai  $Q_{\text{hitung}} < Q_{\text{kritis}}$  serta nilai  $R_{\text{hitung}} < R_{\text{kritis}}$ , data masih berada dalam batasan konsisten.

Tabel 2. 3

Nilai  $Q_{\text{kritis}}$  dan  $R_{\text{kritis}}$  untuk Metode RAPS

n	Q			R		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.050	1.140	1.290	1.210	1.280	1.380
20	1.100	1.220	1.420	1.340	1.430	1.600
30	1.120	1.240	1.460	1.400	1.500	1.700
40	1.130	1.260	1.500	1.420	1.530	1.740
50	1.140	1.270	1.520	1.440	1.550	1.780
100	1.170	1.290	1.550	1.500	1.620	1.860
	1.220	1.360	1.630	1.620	1.750	2.000

Sumber: Harto, 2009, p.41.

### 2.3.9. Koefisien Aliran

Koefisien aliran (C) merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air aliran terhadap besarnya curah hujan. “Contohnya adalah C untuk hutan adalah 0.10, berarti 10% dari total curah hujan akan menjadi debit aliran. Secara matematis, koefisien aliran dapat dijabarkan sebagai berikut” (Asdak, 2010, p.157) :

$$\text{Koefisien Aliran (C)} = \text{air aliran (mm)} / \text{curah hujan (mm)}$$

Angka koefisien air larian ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi air larian. Hal ini kurang menguntungkan dari segi pencagaran sumber daya air karena besarnya air yang akan menjadi air tanah akan berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang menjadi air larian,



maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Angka C berkisar antara 0 hingga 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi. Sedangkan angka  $C = 1$  menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai air larian. Di lapangan, angka koefisien air larian biasanya lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1.

Cara perhitungan sederhana untuk menentukan besarnya koefisien air larian (Asdak, 2010, p. 158) :

- Hitung curah hujan rata-rata suatu DAS pada tahun tertentu (t), misalnya  $P = \text{mm/tahun}$ .
- Ubah satuan curah hujan tersebut menjadi m/tahun yaitu dengan mengalikan bilangan  $1/1000$ , sehingga curah hujan tersebut menjadi  $P/1000 \text{ m/tahun}$ . Hitung jumlah air yang mengalir melalui outlet sungai yang bersangkutan pada tahun t tersebut dengan cara :

Tabel 2.4.

Perhitungan jumlah air yang mengalir melalui *outlet*

Bulan	Debit rata-rata Q ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Jumlah hari (d)	Total debit d x 86400 x Q ( $\text{m}^3$ )
Januari	Q1	31 hari	31 x 86400 x Q1
Februari	Q2	28 hari	28 x 86400 x Q2
.....	.....	.....	.....
Desember	Q12	31 hari	31 x 86400 x Q12

Sumber : Asdak, 2010, p. 158

$$\text{Total debit setahun} = \sum_{i=1}^{12} d_n \times 86400 \times Q_n \text{ (m}^3\text{)} \quad (2-26)$$

- Hitung volume total curah hujan di DAS tersebut dengan cara mengalikannya terhadap luas areal DAS (A), yaitu:

$$\text{Volume } P = P/1000 \times A \dots\dots\dots (2-27)$$

Dengan :

P = curah hujan (mm/tahun)

A = luas DAS ( $\text{m}^2$ )

- Hitung koefisien air larian (C), yaitu :

$$C = \sum_{i=1}^{12} \frac{(d \times 86400 \times Q)}{\left(\frac{P}{1000}\right)(A)} \dots\dots\dots (2-28)$$

Dengan :

C = koefisien air larian

Q = debit rata-rata bulanan ( $\text{m}^3/\text{det}$ )



$P$  = curah hujan rata-rata setahun di DAS yang bersangkutan (mm/th)

$A$  = luas DAS ( $m^2$ )

#### 2.4. Evapotranspirasi

Evaporasi adalah proses yang merubah bentuk larutan atau cairan menjadi bentuk gas atau uap. “Istilah ini juga diartikan sebagai jumlah uap air yang diuapkan dari satu permukaan tanah atau air” (Hadisusanto, 2010, p.79).

Adapun proses evaporasi dibedakan menjadi :

1. Evaporasi aktual yaitu proses evaporasi yang berlangsung pada kondisi alam terjadi pada keadaan daerah pada waktu tertentu, sehingga nilainya sangat bergantung pada kondisi lingkungan yang berlaku pada saat ini (Hadisusanto, 2010, p.79).
2. Evaporasi potensial yaitu proses evaporasi yang terjadi pada suatu permukaan penguapan yang berada dalam kondisi kecukupan air, evaporasi potensial sering disebut sebagai kemampuan maksimal dari suatu permukaan dalam penguapan air (Hadisusanto, 2010, p.79).

Disamping hal di atas proses kehilangan air pada tanaman yang dikenal dengan transpirasi adalah peristiwa terlepasnya air dari dalam jaringan tanaman dan apabila kondisi suhu disekitar daun sangat rendah maka uap air yang dilepaskan dari proses transpirasi ini akan mengembun di permukaan daun yang biasanya disebut gutasi (Hadisusanto, 2010, p.79).

Dalam kehidupan tanaman istilah kehilangan air juga dikenal dengan nama evapotranspirasi, yang sebenarnya merupakan gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi yang diartikan sebagai peristiwa kehilangan air dari jaringan tanaman dan permukaan tanah yang dipakai sebagai tempat tumbuh tanaman (Hadisusanto, 2010, p.79).

Besarnya faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evapotranspirasi (Hadisusanto, 2010, p.79) adalah sebagai berikut :

1. Radiasi Matahari
2. Angin
3. Kelembaban (*Humidity*)
4. Suhu (*Temperature*)

Konsep dasar penghitungan evaporasi potensial sebagai berikut :

$$ET_o = c \cdot ET_o^* \dots\dots\dots(2- 29)$$

Dengan :

$ET_o$  = Evaporasi Potensial (mm/hari)

$c$  = Angka koreksi (berdasarkan keadaan iklim)

$ET_0^*$  = Evaporasi potensial sebelum dikoreksi

#### 2.4.1. Metode Blaney-Criddle

Metode ini menghasilkan rumus evapotranspirasi untuk sembarang tanaman sebagai fungsi suhu, jumlah jam siang hari dan koefisien tanaman empiris. Rumus ini berlaku untuk daerah yang luas dengan iklim kering. Dalam pemakaian metode ini dibutuhkan letak lintang ( $LL$ ), suhu udara ( $t$ ), angka koreksi ( $c$ ). Data tersebut merupakan data meteorologi biasa, rumus yang digunakan adalah :

$$ET_0^* = P (0,457 t + 8,13) \dots\dots\dots (2- 30)$$

Dengan :

$P$  = Prosentase rata-rata jam siang malam tergantung letak lintang

$t$  = Suhu udara ( $^{\circ}C$ )

Dengan angka koreksi ( $c$ ) sebagai berikut :

Tabel 2.5.

Angka Koreksi ( $c$ ) Menurut *Blaney-Criddle*.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
( $C$ )	0.80	0.80	0.75	0.70	0.70	0.70	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80

Sumber : Montarcih L, 2010, p.23

#### 2.5. Matlab R2017a

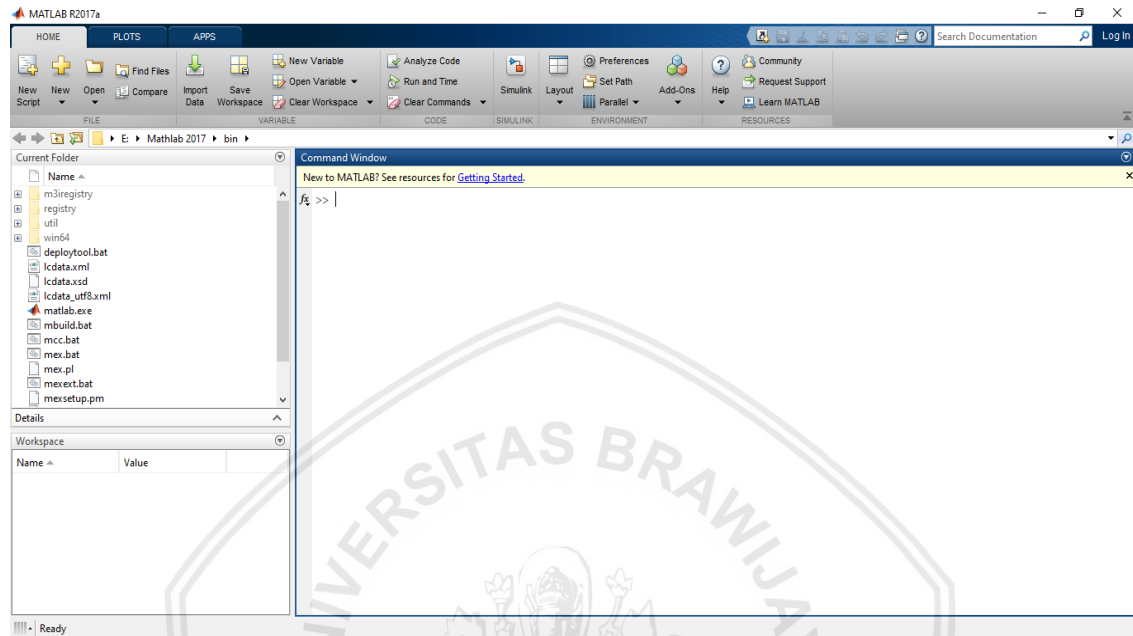
*Software* Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah Bahasa pemograman matematika lanjutan yang mengadopsi bentuk dan sifat dari matriks, menggunakan Bahasa pemograman C++ dan *assembler*. Kelebihan dari program Matlab itu sendiri adalah:

1. Memiliki fungsi *built-in* yang mana pengguna dapat memasukkan sendiri fungsi yang ingin dirancang.
2. Merupakan operasi matematika optimasi, matriks, elemen, aproksimasi, dll. Sehingga dapat digunakan untuk pekerjaan seperti, *Modelling*, Simulasi, pembuatan *prototype* serta analisa data/numerik.
3. Mempunyai banyak pilihan tambahan dalam menampilkan data dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi.

Dengan banyaknya kelebihan tersebut diharapkan dapat memodelkan curah hujan-debit sebenarnya pada penelitian ini dengan hasil yang diharapkan. Matlab R2017a mempunyai beberapa bagian komponen kerja utama, yaitu:

## 1. Layar Perintah (*Command Windows*)

Berfungsi sebagai penjalan perintah dimana pada tampilan ini fungsi-fungsi diletakkan. Kita dapat mengakses perintah maupun komponen pendukung yang ada di Matlab secara langsung.



Gambar 2. 5 Matlab R2017a *Command Window*  
Sumber : Matlab R2017a

## 2. *Matlab Editor*

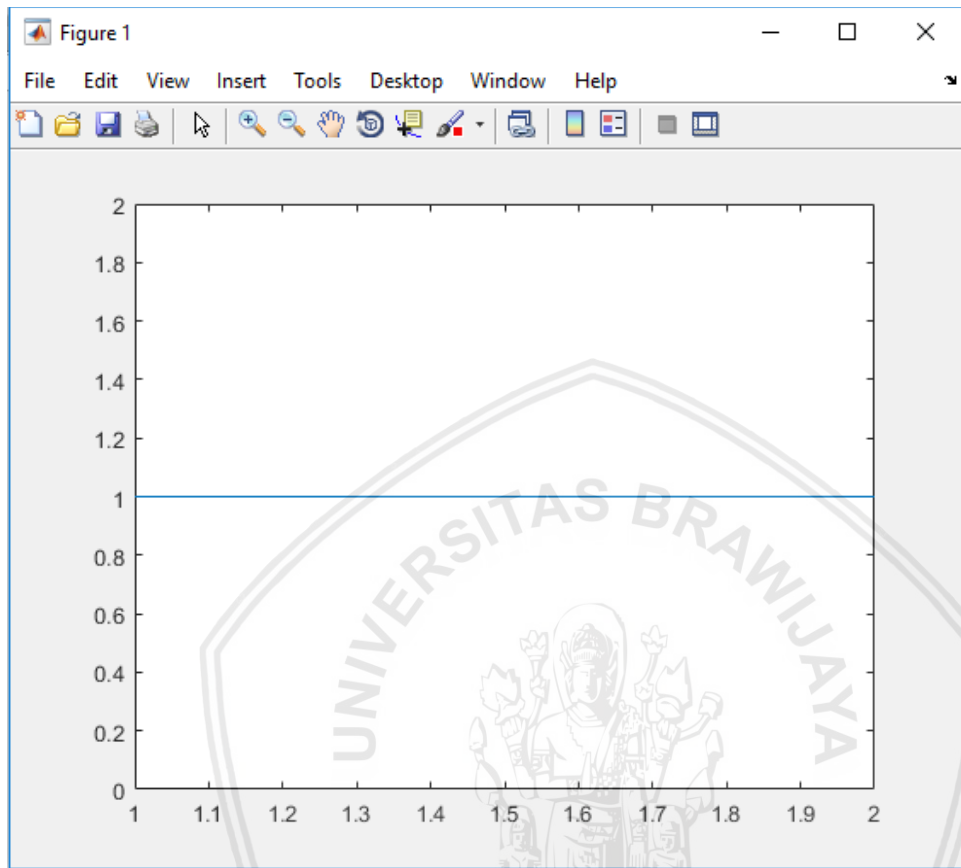
Tampilan ini merupakan alat yang disediakan untuk mengedit *Script* atau susunan perintah data. Matlab sendiri dapat mengakses/mengambil data dalam bentuk lain, seperti *Microsoft Excel*, *Wordpad*, dan *Word*.



Gambar 2. 6 Matlab R2017a *Workspace*  
Sumber : Matlab R2017a

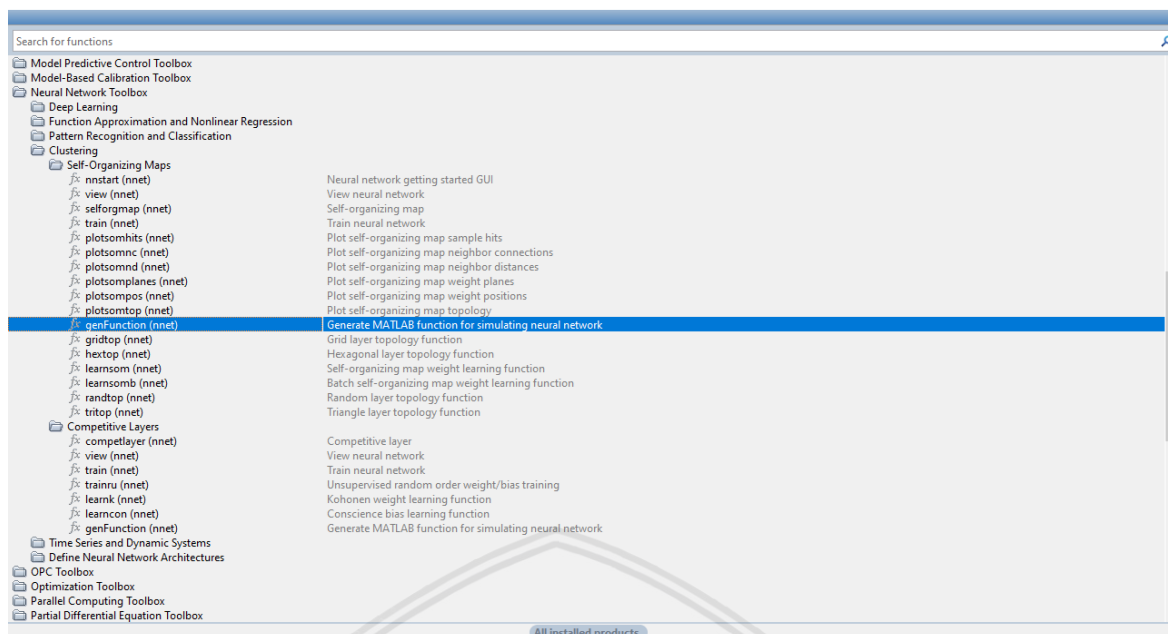
### 3. Figure Window

Pada tampilan ini, semua data dapat di gambarkan melalui grafik sehingga hasil visualisasi *output* menjadi lebih mudah dibaca



Gambar 2. 7 Matlab R2017a Figure Windows  
Sumber : Matlab R2017a

Sistem komputasi diperlukan agar suatu data statistic dari data *input* dapat dimodelkan untuk menghasilkan *output*. Sistem komputasi yang dapat digunakan sangat bermacam-macam, seperti Jaringan Syaraf Tiruan (ANN), Fuzzi, dll, yang mana dapat sangat mudah dipilih di menu *Toolbox* pada Matlab R2017a.



Gambar 2. 8 Matlab R2017a Toolbox Window

Sumber : Matlab R2017a

Jaringan Syaraf Tiruan dipilih karena kelebihan JST ini sendiri adalah:

1. JST dapat mewakili setiap fungsi nonlinear acak yang memberikan kompleksitas yang cukup pada jaringan terlatih.
2. JST dapat menemukan hubungan antara *input* yang berbeda dan jika perlu dapat mengelompokkan sampel dalam mode analog dengan analisis *cluster*.
3. JST mampu memisahkan hubungan dari himpunan kecil data meskipun terdapat data tersisa, namun masih tetap relatif kuat meskipun dengan adanya masukan data yang rusak atau hilang, mampu mengadaptasi dan menjawab perubahan lingkungan.

## 2.6. Jaringan Syaraf Tiruan

### 2.6.1. Pengertian

Jaringan Syaraf Tiruan dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* Waren McCulloch dan *logician* Walter Pits, namun teknologi yang tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh.

Jaringan Syaraf Tiruan adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Andrijasa dan Mistianingsih, 2010).

Istilah buatan dipakai karena Jaringan Syaraf ini menggunakan program komputer yang dapat menyelesaikan beberapa proses perhitungan selama proses pembelajaran. JST telah

dikembangkan sebagai generalisasi model matematika dari kognisi manusia atau biologi neural. Menurut Siang (2005), “jaringan saraf tiruan adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip jaringan saraf biologi. Jaringan saraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi”, dengan asumsi:

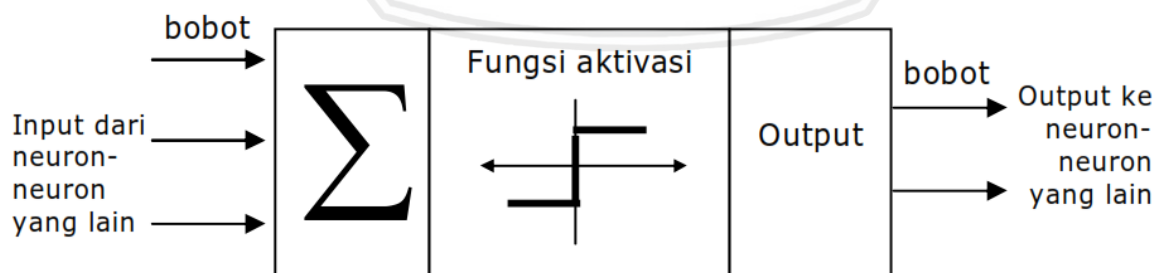
1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron).
2. Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
4. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan batas ambang.

Menurut Sutojo (2010, p.35), kelebihan JST adalah sebagai berikut:

1. Belajar adaptive, yaitu melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diberikan.
2. Self-organisation, yaitu dapat membuat representasi dari informasi yang diterima.
3. Real time operation, yaitu perhitungan dapat dilakukan secara paralel.

#### 2.6.2. Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Sama seperti otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri-dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. “Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.” (Kusumadewi, 2013, p.49)



Gambar 2. 9 Struktur Neuron Jaringan Syaraf

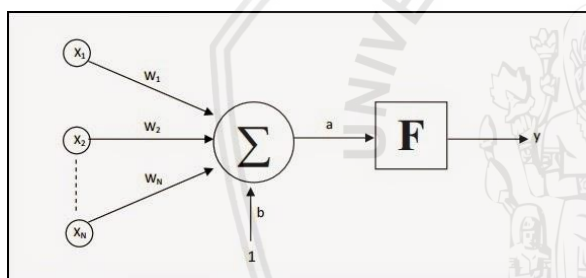
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.49

Jika kita lihat, neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Informasi (disebut dengan: input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai



semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*  $d$ ) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan. “Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya.” (Kusumadewi, 2013, p.50).

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). “Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur .pada jaringan” (Kusumadewi, 2013, p.50)



Gambar 2. 10 Fungsi Aktivasi pada jaringan syaraf

Sumber : Kusumadewi, 2013, p.50

Beberapa jaringan syaraf ada juga yang tidak memiliki lapisan tersembunyi, dan ada juga jaringan syaraf dimana neuron-neuronnya disusun dalam bentuk matriks.

### 2.6.3. Arsitektur Jaringan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa neuron-neuron dikelompokkan dalam lapisan-lapisan. Umumnya, neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Pada setiap lapisan yang sama, neuron-neuron akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila neuron-neuron dalam suatu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan yang lain (misalkan lapisan output), maka setiap neuron pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan pada lapisan lainnya (misalkan lapisan output).



#### 2.6.4. Fungsi Aktivasi

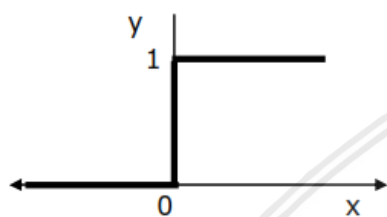
Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan, antara lain (Kusumadewi, 2013, p.51)

##### 1. Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak (*step function*) untuk mengkonversikan input dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu output biner (0 atau 1).

Fungsi undak biner (*hard limit*) dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 0 \\ 1, & \text{jika } x \geq 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2- 31)$$



Gambar 2. 11 Fungsi Aktivasi Undak Biner

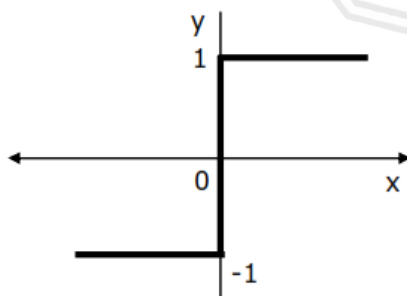
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.51

##### 2. Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1.

Fungsi *Symetric Hard Limit* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ 0, & \text{jika } x = 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2- 32)$$



Gambar 2. 12 Fungsi Aktivasi Bipolar

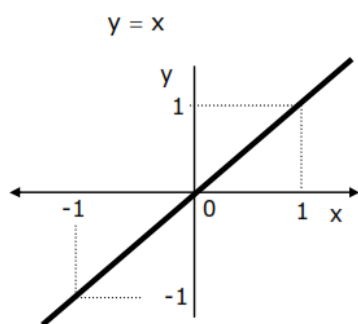
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.53

##### 3. Fungsi *Linear* (identitas)

Fungsi linear memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya.

Fungsi Linear dirumuskan sebagai:

$$y = x \dots\dots\dots (2- 33)$$



Gambar 2. 13 Fungsi Aktivasi Linear

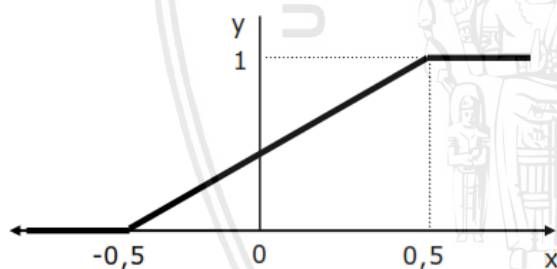
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.54

#### 4. Fungsi *Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai 0 jika inputnya kurang dari  $-\frac{1}{2}$ , dan akan bernilai 1 jika inputnya lebih dari  $\frac{1}{2}$ . Sedangkan jika nilai input terletak antara  $-\frac{1}{2}$  dan  $\frac{1}{2}$ , maka outputnya akan bernilai sama dengan nilai input ditambah  $\frac{1}{2}$ .

Fungsi *Symetric Hard Limit* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5, & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \dots\dots\dots (2- 34)$$



Gambar 2. 14 Fungsi Aktivasi Linear

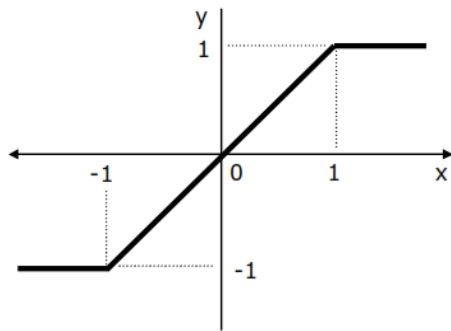
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.54

#### 5. Fungsi *Symetric Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai -1 jika inputnya kurang dari  $-1$ , dan akan bernilai 1 jika inputnya lebih dari 1. Sedangkan jika nilai input terletak antara  $-1$  dan 1, maka outputnya akan bernilai sama dengan nilai inputnya.

Fungsi *Symetric Saturating Linear* dirumuskan sebagai:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 1 \\ x, & \text{jika } -1 \leq x \leq 1 \\ -1, & \text{jika } x \leq -1 \end{cases} \dots\dots\dots (2- 35)$$



Gambar 2. 15 Fungsi Aktivasi Symetric Saturating Linear

Sumber : Kusumadewi, 2013, p.58

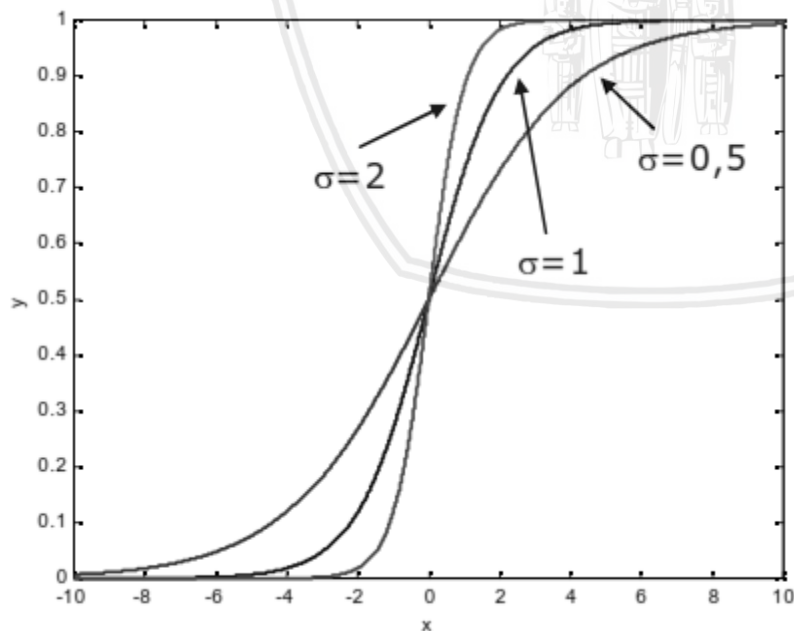
#### 6. Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1.

Fungsi *Symetric Saturating Linear* dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \quad \dots\dots\dots(2- 36)$$

Dengan  $\sigma = f'(x) = \sigma f(x) [1 - f(x)]$



Gambar 2. 16 Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

Sumber : Kusumadewi, 2013, p.60

## 7. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja output dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai  $-1$ .

Fungsi *Sigmoid Bipolar* dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots(2- 37)$$

$$\text{Dengan } f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)]$$

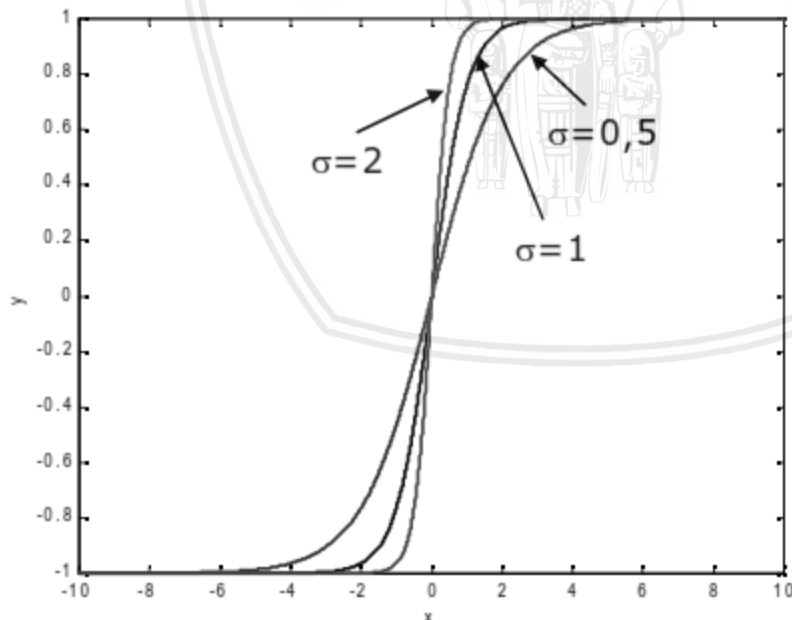
Fungsi ini sangat dekat dengan fungsi *hyperbolic tangent*. Keduanya memiliki range antara  $-1$  sampai  $1$ . Untuk fungsi *hyperbolic tangent*, dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \dots\dots\dots(2- 38)$$

Atau

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}} \dots\dots\dots(2- 39)$$

$$\text{Dengan } f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)]$$



Gambar 2. 17 Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar

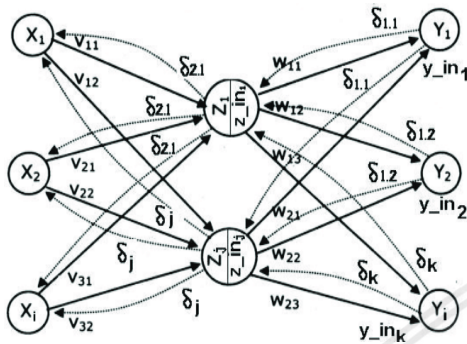
Sumber : Kusumadewi, 2013, p.62

### 2.6.5. Model Jaringan Backpropagation

*Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuran yang ada pada lapisan tersembunyinya. “Algoritma

*backpropagation* menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid”, yaitu (Kusumadewi, 2013, p.91):

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \dots\dots\dots(2- 40)$$



Gambar 2. 18 Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Sumber : Kusumadewi, 2003, p.236

Pada gambar 2.18. Jaringan terdiri dari beberapa unit (neuron) pada lapisan input, yaitu  $X_1, X_2, \dots, X_i$ , dimana  $i$  adalah banyaknya data. 1 lapisan tersembunyi (*Hidden Layer*) dengan 2 neuron, yaitu  $Z_1$  dan  $Z_2$ , serta 1 unit lapisan output, yaitu  $y$ . Bobot yang menghubungkan  $X_1, X_2, \dots, X_i$  dengan neuron pertama pada lapisan adalah  $V_{11}, V_{21}$ , dan  $V_{31}$ , Bobot yang menghubungkan  $Z_1$  dan  $Z_2$  dengan lapisan output, adalah  $W_1$  dan  $W_2$ .

#### 2.6.6. Algoritma Backpropagation

*Backpropagation* ialah algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi.

Algoritma *backpropagation* menggunakan hasil keluaran *error output* untuk selanjutnya dijadikan dasar perubahan nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*back propagation*). Langkah awal yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai *error output* adalah tahap perambatan maju (*forward propagation*).

Algoritma *backpropagation* terdiri atas inisialisasi bobot (dengan menggunakan nilai *random* yang cukup kecil sebagai bobot awal) (Sutojo, 2010, p.79).

##### A. Tahap perambatan maju (*Forward Propagation*)

1. Setiap unit *input* ( $X_i; i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) menerima sinyal  $X_i$  dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*).
2. Setiap unit tersembunyi ( $Z_j; j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan bobot sinyal *input*:

$$z\_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots(2- 41)$$

3. Serta menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya:

$$z_j = f(z\_in_j) \dots\dots\dots(2- 42)$$

Biasanya fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid, kemudian mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit *output*.

4. Setiap unit *output* ( $Y_k$ ;  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menjumlahkan bobot sinyal *input*.

$$y\_in_k = b2_k + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \dots\dots\dots(2- 43)$$

5. Serta menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya

$$y_k = f(y\_in_k) \dots\dots\dots(2- 44)$$

### **B. Tahap perambatan balik (*Backpropagation*)**

1. Setiap unit output ( $Y_k$ ;  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menerima pola target sesuai dengan pola *input* pelatihan, kemudian hitung *error* dengan persamaan berikut:

$$\delta 2_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k) \dots\dots\dots(2- 45)$$

$$\phi 2_k = \delta_k z_j \dots\dots\dots(2- 46)$$

$$\beta 2_k = \delta_k \dots\dots\dots(2- 47)$$

Dengan  $f'$  adalah turunan dari fungsi aktivasi, kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \cdot \phi_{jk} \dots\dots\dots(2- 48)$$

Dan menghitung koreksi bias dengan persamaan berikut

$$\Delta b2_k = \alpha \cdot \beta_k \dots\dots\dots(2- 49)$$

Sekaligus mengirimkan  $\delta_k$  ke unit-unit yang ada di lapisan paling kanan.

2. Setiap unit tersembunyi ( $Z_j$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan delta ( $\delta$ ) masukannya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di kanannya):

$$\delta\_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots(2- 50)$$

Untuk menghitung informasi *error*, kalikan nilai hasil pada persamaan 2.47 dengan turunan dari fungsi aktivasinya:

$$\delta_j = \delta\_in_j \cdot f'(z\_in_j) \dots\dots\dots(2 - 51)$$

$$\phi 1_{ij} = \delta_j \cdot x_j \dots\dots\dots(2 - 52)$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \dots \dots \dots (2 - 53)$$

3. Kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \cdot \phi 1_{ij} \dots \dots \dots (2 - 54)$$

4. Setelah itu hitung juga koreksi bias dengan persamaan berikut:

$$\Delta b 1_j = \alpha \cdot \phi 1_j \dots \dots \dots (2 - 55)$$

### C. Tahap perubahan bobot dan bias

1. Setiap unit *output* ( $Y_k; k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) dilakukan perubahan bobot dan bias ( $j = 0, 1, 2, 3, \dots, p$ ) dengan persamaan berikut:

$$w_{jk} \text{ (baru)} = w_{jk} \text{ (lama)} \cdot \Delta w_{jk} \dots \dots \dots (2 - 56)$$

2. Setiap unit tersembunyi ( $Z_j; j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) dilakukan perubahan bobot dan bias ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ) dengan persamaan berikut:

$$v_{ik} \text{ (baru)} = v_{ik} \text{ (lama)} \cdot \Delta v_{ik} \dots \dots \dots (2 - 57)$$

3. Hitung MSE

## 2.7. Kalibrasi, Verifikasi, dan Validasi Hasil Pemodelan

### 2.7.1. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan suatu proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan hasil yang diperoleh dari respon data yang teramati dan tersimulasi, contohnya adalah membandingkan data debit di lapangan dan debit perhitungan.

Ada baiknya sebelum data diproses, data tersebut di transformasikan terlebih dahulu. Dalam beberapa hal, praprosesing bisa membuat data lebih kecil tanpa merubah informasi yang dikandung. “Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan sebelum menerapkan suatu metode, antara lain adalah normalisasi atau scaling, yaitu suatu prosedur mengubah data sehingga berada dalam skala tertentu” (Santosa, 2007). Skala ini antara lain (0,1), (-1,1) atau skala lainnya. Dalam studi kali ini skala yang digunakan adalah 0 dan 1 (*Sigmoid*), dikarenakan hasil yang diinginkan adalah angka positif, yaitu menggunakan Batas Bawah (BB) 0,1, dan Batas Atas (BA) 0,9, alasan digunakan 0,1 dan 0,9 adalah, karena Sigmoid tidak bisa menghasilkan angka 0 dan 1 (Tom Mitchel 1997, p.115), maka dari itu digunakan Batas Bawah dari data adalah 0,1 dan Batas Atas dari data adalah 0,9 dengan batas grafik adalah 0 dan 1. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} * (BA - BB) + BB \dots \dots \dots (2 - 58)$$

Dengan:

$X'$  = Data transformasi



- $X$  = Data asli  
 $X_{min}$  = Data asli angka terkecil  
 $X_{max}$  = Data asli angka terbesar  
 $BA$  = Batas atas  
 $BB$  = Batas bawah

Dan setelah mendapatkan hasil pemodelan, data ditransformasikan kembali kedalam standart kita dengan membalik rumus yang ada sebelumnya dengan rumus:

$$X' = \frac{X - BB}{BA - BB} * (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \dots\dots\dots(2 - 59)$$

Dengan:

- $X'$  = Data transformasi  
 $X$  = Data asli  
 $X_{min}$  = Data asli angka terkecil  
 $X_{max}$  = Data asli angka terbesar  
 $BA$  = Batas atas  
 $BB$  = Batas bawah

Beberapa parameter yang digunakan sebagai batas kesalahan dalam melakukan pembelajaran, batas minimum dari sebuah fungsi aktivasi, serta kontrol ukuran pada bobot. Parameter yang digunakan pada metode JST adalah sebagai berikut:

### 1. Jumlah Epoch

Epoch merupakan perulangan atau iterasi dari proses yang dilakukan untuk mencapai target yang telah ditentukan. Jumlah epoch merupakan iterasi maksimum yang boleh dilakukan selama proses pelatihan. Iterasi akan dihentikan pada saat jumlah epoch tercapai.

### 2. Learning rate

*Learning rate* merupakan laju pembelajaran yang berupa perkalian negatif dari *gradient* untuk menentukan perubahan pada nilai bobot dan bias. Semakin besar nilai *learning rate*, maka akan berdampak pada langkah pembelajaran yang semakin besar. Apabila *learning rate* diatur terlalu besar, akibatnya algoritma akan menjadi tidak stabil. Namun, apabila *learning rate* diatur terlalu kecil, maka algoritma akan mencapai target dalam waktu yang lama.

### 3. Perhitungan error

Perhitungan *error* bertujuan untuk mengukur akurasi jaringan dalam mengenali pola yang diberikan. Ada tiga macam perhitungan *error* yang digunakan, yaitu *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

a. *Mean Square Error* (MSE)

MSE merupakan error rerata kuadrat dari selisih antara *output* jaringan dengan *output* target (nilai aktual). Tujuannya adalah memperoleh nilai *error* sekecil mungkin lewat iterasi dengan mengganti dan mencoba-coba nilai bobot yang terhubung pada semua neuron dalam jaringan. Untuk mengetahui seberapa banyak bobot yang diganti, setiap iterasi memerlukan perhitungan *error* yang berasosiasi dengan setiap neuron pada *output* dan hidden layer. Nilai MSE yang baik adalah yang mendekati 0 ( $MSE \approx 0$ ). Rumus perhitungan MSE adalah sebagai

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \dots\dots\dots(2 - 60)$$

Dengan :

$y_i$  = Hasil data aktual

$\bar{y}$  = Hasil ramalan

$n$  = Jumlah data

b. *Mean Absolute Error* (MAE)

MAE merupakan perhitungan *error* rerata absolut dari selisih antara nilai *output* jaringan dengan *output* target (nilai aktual). Nilai MAE yang baik adalah yang mendekati 0 ( $MAE \approx 0$ ). Rumus perhitungan MAE adalah sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}| \dots\dots\dots(2 - 61)$$

Dengan :

$y_i$  = Hasil data aktual

$\bar{y}$  = Hasil ramalan

$n$  = Jumlah data

c. *Root Mean Square Error* (RMSE)

Uji *Root Mean Square Error* digunakan untuk mencari keakuratan dari hasil pemodelan dengan data di lapangan. Jika hasil RMSE semakin kecil, maka nilai penyimpangan dari nilai model semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Rumus untuk menghitung *Root Mean Square Error* adalah:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \dots\dots\dots(2 - 62)$$

Dengan :

$y_i$  = Hasil data aktual

$\bar{y}$  = Hasil ramalan

$n$  = Jumlah data

#### 2.7.1.1 Kesalahan Relatif

Kesalahan relatif digunakan untuk menghitung prosentase kesalahan relatif jaringan stasiun hujan yang dimodelkan terhadap jaringan stasiun hujan yang sudah ada. “Perhitungan kesalahan relatif dilakukan dengan rumus berikut” (Sugiyono, 2007):

$$K_r = \frac{X_a}{X_b} \times 100\% \dots\dots\dots(2 - 63)$$

Dengan:

$K_r$  = Kesalahan Relatif

$X_a$  = Nilai Asli (dilapangan)

$X_b$  = Nilai Hasil Pemodelan

#### 2.7.1.2 Efisiensi Nash-Sutcliffe

Dalam penelitian ini, salah satu indikator statistik dalam menentukan keandalan model adalah NSE. “Indikator statistik tersebut dirasa cukup dalam mengevaluasi kinerja model dalam hal membandingkan antara hasil model dengan data yang diamati. Nilai optimal untuk NSE mendekati 1.” Perumusan persamaan NSE didasarkan pada indikator efisiensi model Nash-Sutcliffe (Suprayogi, 2013, p.179).

$$NSE = 1 - \frac{\sum (Q_0 - Q_m)^2}{\sum (Q_0 - \bar{Q}_0)^2} \dots\dots\dots(2-64)$$

Dengan :

$R^2$  = Kesalahan Relatif

$n$  = Jumlah Data

$Q_0$  = Debit Hasil Pengukuran ( $m^3/det$ )

$Q_m$  = Debit Hasil Perhitungan ( $m^3/det$ )

NSE memiliki range antara  $-\infty$  sampai dengan 1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov et al (1999), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6.  
Kriteria Nilai Nash-Sutchliffe

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0.75$	Baik
$0.36 < NSE < 0.75$	Memenuhi
$NSE < 0.36$	Tidak Memenuhi

Sumber : Suprayogi, 2013, p.179

### 2.7.1.3 Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara kedua data, dalam studi ini adalah membandingkan data pemodelan dengan data di lapangan, serta membuktikan hipotesis dengan melihat kategori yang ada pada tabel 2.6, apakah kedua data tersebut berbentuk interval atau rasio serta berada dari sumber yang sama. Perhitungan koefisien korelasi dilakukan dengan rumus berikut:

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n X_a X_b - \left( \sum_{i=1}^n X_a \right) \left( \sum_{i=1}^n X_b \right)}{\sqrt{\left( n \sum_{i=1}^n X_a^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_a \right)^2 \right) \left( n \sum_{i=1}^n X_b^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_b \right)^2 \right)}} \dots\dots\dots(2 - 65)$$

Dengan :

R = nilai korelasi antara variable x dan y

$X_a$  = nilai pengamatan atau data di lapangan (mm/hari)

$X_b$  = nilai pemodelan (mm/hari)

n = jumlah data

Tabel 2.7.  
Nilai Koefisien Korelasi dan Hubungan Antara Variabel

Nilai Koefisien	Keterangan
0.80 – 1.00	Hubungan Sangat Kuat
0.60 – 0.79	Hubungan Kuat
0.40 – 0.59	Hubungan Sedang
0.20 – 0.39	Tidak Rendah
0.00 – 0.19	Hubungan Sangat Rendah

Sumber : Sugiyono, 2007, p.183

### 2.7.2. Verifikasi

Verifikasi merupakan proses lanjutan setelah dilakukannya proses kalibrasi yang berfungsi untuk menguji kinerja dari hasil model dengan data diluar dari data kalibrasi. Hasil yang baik adalah ketika proses kalibrasi dan verifikasi menunjukkan hasil yang memuaskan, hanya saja pada proses verifikasi, hasil yang diperoleh tidak sebaik pada saat proses kalibrasi. Contoh pada tahap verifikasi adalah, pada 10 tahun model, digunakan 6 tahun (2009 – 2014) sebagai data kalibrasi, kemudian sisa 4 tahun (2015 – 2018) digunakan sebagai

data verifikasi.

### **2.7.3. Validasi**

Validasi bertujuan untuk melihat apakah data yang dihasilkan pada saat proses kalibrasi dan verifikasi menunjukkan hasil yang memuaskan, biasanya disajikan dalam bentuk rekapitulasi hasil yang nantinya akan dibandingkan dengan kategori yang ada pada masing-masing metode.

### **2.8. Studi Terdahulu**

Berikut adalah beberapa studi yang pernah dilakukan dengan menggunakan metode yang sama dengan studi ini.



Tabel 2.8.  
Perbedaan Studi terhadap Penelitian Terdahulu.

No	Peneliti	Judul	Metode	Perbedaan	
				Lokasi Peneliti	Subjek yang dianalisa
1	Oktavia Triana Kurniawati Very Dermawan Emma Yuliani	Analisa Tinggi Muka Air Bengawan Solo Hilir Akibat Adanya <i>Floodway</i> dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan	Jaringan Syaraf Tiruan	Babat, Bojonegoro	Curah Hujan terhadap Tinggi Muka Air yang dipengaruhi oleh <i>Floodway</i>
2	Ummul Muhlisah Very Dermawan Prima Hadi Wicaksono	Analisa Peramalan Gelombang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Perencanaan Dermaga TUKS PT. Petrokimia Gresik (PERSERO)	Jaringan Syaraf Tiruan	Kabupaten Gresik	Analisa Gelombang Air Laut.
3	Yuzy Alfahnie Very Dermawan Lily Montarcih Limantara	Analisa Tinggi Curah Hujan Berdasarkan Kondisi Klimatologi Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.	Jaringan Syaraf Tiruan	Kota Malang	Analisa Curah Hujan Berdasarkan Kondisi Klimatologi.
4	Siska Widyastuti Ery Suhartanto Very Dermawan	Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model <i>Artificial Neural Network</i> di SUB DAS lesti.	Jaringan Syaraf Tiruan	DAS Lesti, Kabupaten Malang	Analisa Curah Hujan Terhadap Debit Limpasan.
5	Nevandria Satrya Yudha Riyanto Haribowo Very Dermawan	Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Kualitas Air Sungai di Titik Jembatan Jrebeng Kabupaten Gresik.	Jaringan Syaraf Tiruan	Jrebeng, Kabupaten Gresik	Analisa Kualitas Air.
6	Verdhi Dwiki O. Ery Suhartanto Sry Wahyuni 2019	Analisa Curah Hujan Terhadap Debit Limpasan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) <i>Backpropagation</i> di DAS Welang	Jaringan Syaraf Tiruan	DAS Welang, Kabupaten Pasuruan	Analisa Curah Hujan terhadap Debit Limpasan.

Sumber: Hasil Analisa, 2019.

Tabel 2.9.  
Penjelasan Detail Pada Tabel 2.8.

No	Judul, Peneliti, dan pembimbing	Keterangan	Hasil Studi
1	<p><b>Judul:</b> Analisa Tinggi Muka Air Bengawan Solo Hilir Akibat Adanya <i>Floodway</i> dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan.</p> <p><b>Peneliti:</b> Oktavia Triana Kurniawati.</p> <p><b>Pembimbing:</b> Dr. Very Dermawan, ST., MT. Emma Yulianti, ST., MT., Ph.D.</p>	<p><b>Metode :</b> ANN dengan <i>software</i> MATLAB R2010a <i>backpropagation</i>, fungsi pelatihan Trainlm, dengan fungsi aktivasi tansig dan purelin.</p> <p><b>Data input:</b> Curah hujan, Tinggi muka air, dan debit sungai</p>	Diperoleh hasil terbaik dengan <i>training</i> epoch 2000 dengan permodelan arsitektur 7-8-1, dengan nilai MSE 0.0250 dan KR 4.067% pada tahap pelatihan, dan nilai MSE 0.006 dan KR 2.228% pada tahap pengujian
2	<p><b>Judul:</b> Analisa Peramalan Gelombang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Perencanaan Dermaga TUKS PT. Petrokimia Gresik (PERSERO).</p> <p><b>Peneliti:</b> Ummul Muhlisah.</p> <p><b>Pembimbing:</b> Dr. Very Dermawan, ST., MT. Prima Hadi Wicaksono, ST., MT.</p>	<p><b>Metode :</b> ANN <i>backpropagation</i>, Wilson, Jonswap</p> <p><b>Data input:</b> Data arah angin, Peta topografi, Kecepatan angin</p>	Diperoleh hasil terbaik dengan nilai MSE yang mendekati $10^{-10}$ dan KR dibawah 5% pada tahap pelatihan dan tahap pengujian.
3	<p><b>Judul:</b> Analisa Tinggi Curah Hujan Berdasarkan Kondisi Klimatologi Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.</p> <p><b>Peneliti:</b> Yuzy Alfahnie.</p> <p><b>Pembimbing:</b> Dr. Very Dermawan, ST., MT. Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.</p>	<p><b>Metode :</b> ANN dengan <i>software</i> MATLAB R2010a <i>backpropagation</i> dan Neurosolution 6, fungsi pelatihan Trainlm, dengan fungsi aktivasi tansig dan purelin</p> <p><b>Data input:</b> Curah hujan, Tinggi muka air, dan debit sungai</p>	Diperoleh hasil terbaik dengan nilai Kr sebesar 11.49% dengan <i>software</i> neurosolution dan KR sebesar 7.59% dengan <i>software</i> matlab pada tahap kalibrasi, dan nilai KR sebesar 8.49% dengan <i>software</i> neurosolution dan KR sebesar 6.36% dengan <i>software</i> matlab pada tahap verifikasi.



Lanjutan Tabel 2.9. Penjelasan Detail Pada Tabel 2.8.

No	Judul, Peneliti, dan pembimbing	Keterangan	Hasil Studi
4	<b>Judul:</b> Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model <i>Artificial Neural Network</i> di SUB DAS Lesti. <b>Peneliti:</b> Siska Widyastuti. <b>Pembimbing:</b> Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT. Dr. Very Dermawan, ST., MT.	<b>Metode :</b> <i>ANN</i> dengan <i>software</i> MATLAB R2010a <i>backpropagation</i> , fungsi pelatihan Trainlm, dengan fungsi aktivasi tansig dan purelin <b>Data input:</b> Curah hujan, Koefisien Aliran, dan Evapotranspirasi.	Diperoleh hasil terbaik dengan nilai KR sebesar 3.138%, korelasi diatas 0.9, MSE sebesar 0.0393, dan nilai NSE yang mendekati 1.
5	<b>Judul:</b> Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Kualitas Air Sungai di Titik Jembatan Jrebeng Kabupaten Gresik. <b>Peneliti:</b> Nevandria Satria Yudha. <b>Pembimbing:</b> Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. Dr. Very Dermawan, ST., MT.	<b>Metode :</b> <i>ANN</i> dengan <i>software</i> Neurosolution 7 <b>Data input:</b> Data parameter kualitas air, Data hujan bulanan	Diperoleh hasil terbaik dengan <i>training</i> epoch 5000 dengan permodelan arsitektur 6-2-2, dengan nilai KR sebesar 4.50% untuk DO, 0.98% untuk pH, dan 1.027% untuk Suhu.

Sumber: Hasil Analisa, 2019.

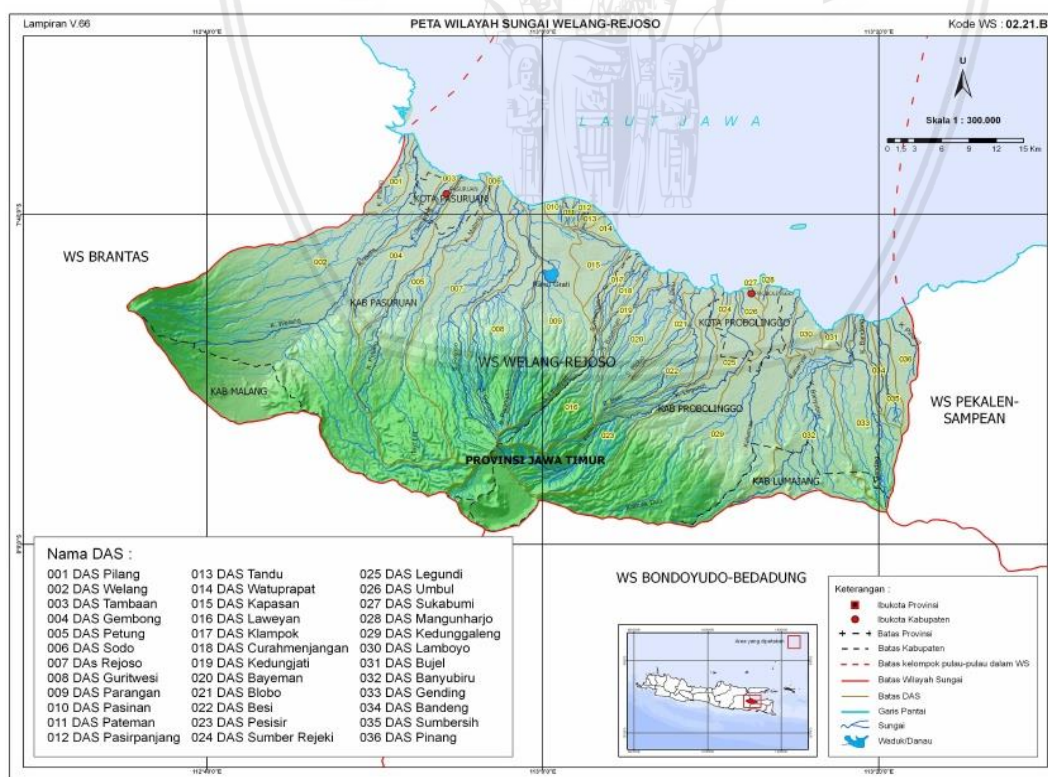
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Deskripsi Lokasi Studi

Daerah Aliran Sungai (DAS) Welang secara administratif melewati 2 kota dan 1 kabupaten, yaitu di Kota Pasuruan, kabupaten Pasuruan, dan Kota Malang. Menurut Keppres Nomor 12 Tahun 2012, DAS Welang termasuk kedalam wilayah sungai Welang-Rejoso yang pengelolaannya menjadi kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur. Menurut kondisi Topografi didominasi oleh lahan ladang yang hampir 50% dari luas DAS Welang merupakan lahan ladang.

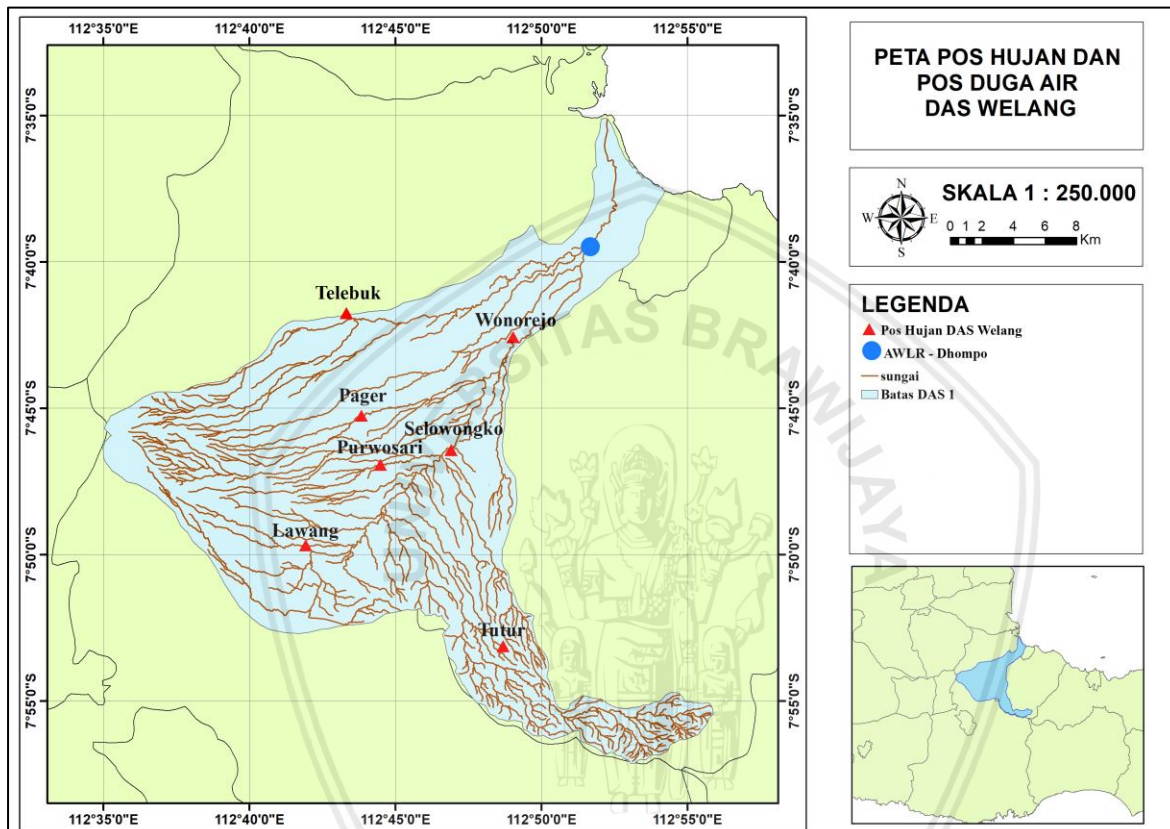
Kabupaten Pasuruan memiliki luas wilayah sebesar 147.401,50 Ha, sebesar 3,13 % dari luas Propinsi Jawa Timur, terdiri dari 24 Kecamatan, 24 Kelurahan, dan 341 Desa. Kabupaten Pasuruan juga memiliki dua pegunungan besar, yaitu Pegunungan Bromo dan Pegunungan Arjuno-Welirang yang sering didatangi oleh masyarakat baik dalam negeri ataupun luar negeri sebagai salah satu tempat pariwisata.



*Gambar 3.1. Peta Wilayah Sungai Welang - Rejoso*

Sumber : Keppres No .12, 2012, p.137.

Lokasi studi terletak pada DAS Welang yang terletak pada koordinat  $7^{\circ}47'44'' \sim 7^{\circ}57'16''$  LS dan  $112^{\circ}36'49'' \sim 112^{\circ}55'58''$  BT. DAS Welang mempunyai luas daerah sebesar  $526.04 \text{ km}^2$  dengan panjang kurang lebih 53 km. Pos Hujan yang digunakan dalam penelitian berjumlah 7 Pos Hujan, yaitu Pos Hujan Lawang, Pager, Purwosari, Telebuk, Tuter, Wonorejo, dan Selowongko, sedangkan pos duga air yang digunakan adalah AWLR Dhompo.



Gambar 3.2. Peta Sub DAS Welang  
Sumber: Hasil penggambaran (2019)

Tabel 3.1. Lokasi Stasiun Hujan di DAS Welang

No.	Stasiun			Koordinat		Elevasi
	Hujan	Desa	Kecamatan	B. Timur	L. Selatan	
1	Lawang	Bamban	Lawang	$112^{\circ} 41' 54''$	$07^{\circ} 48' 16''$	535
2	Pager	Sengon	Purwosari	$112^{\circ} 43' 56''$	$07^{\circ} 45' 38''$	275
3	Purwosari	Kemirahan	Pasuruan	$112^{\circ} 47' 1''$	$07^{\circ} 36' 5''$	262
4	Telebuk	Dukuh Mojotunan	Sukorejo	$112^{\circ} 45' 1''$	$07^{\circ} 42' 2''$	180
5	Tuter	Nongkojajar	Tuter	$112^{\circ} 50' 14''$	$07^{\circ} 52' 51''$	990
6	Wonorejo	Wonorejo	Wonorejo	$112^{\circ} 49' 3''$	$07^{\circ} 49' 11''$	100
7	Selowongko	Selowongko	Kejayan	$112^{\circ} 46' 57''$	$07^{\circ} 46' 50''$	148

Sumber : Unit Pelaksana Teknis dan Sumber Daya Air Pasuruan (2019)

### 3.2. Identifikasi Daerah Studi

#### 3.2.1. Keadaan Geografis

Letak geografis Kabupaten Pasuruan berada pada  $112^{\circ} 33' 55''$  -  $113^{\circ} 30' 37''$  Bujur Timur dan  $70^{\circ} 32' 34''$  –  $80^{\circ} 30' 20''$  Lintang Selatan. Mempunyai Batas – batas wilayah yaitu:

- Utara : Kabupaten Sidoarjo
- Timur : Kabupaten Probolinggo
- Selatan : Kabupaten Malang
- Barat : Kabupaten Mojokerto

DAS Welang sendiri bersumber dari 2 sumber air yang berada di Gunung Bromo dan Gunung Arjuna.

#### 3.2.2. Iklim

Kabupaten Pasuruan merupakan kabupaten yang beriklim tropis berdasarkan klasifikasi *Schmidt* dan *Ferguson*. Pada sebagian besar wilayah kabupaten memiliki suhu di antara  $24 - 32^{\circ}\text{C}$  yang mana semakin menuju ke laut semakin tinggi suhu yang terjadi, sedangkan untuk daerah diatas 2.770 meter, yaitu daerah dataran tinggi, suhu terendahnya mencapai  $5^{\circ}\text{C}$ , seperti Kecamatan Tosari, dikarenakan berada pada daerah pegunungan. Curah hujan rata – rata berada di bawah 1.750 mm. Angin barat dan timur berkecepatan rata – rata 12 – 30 knot. Curah hujan untuk wilayah Kabupaten Pasuruan tergolong dalam daerah kering, meskipun di beberapa daerah pegunungan curah hujan masih tergolong cukup.

#### 3.2.3. Keadaan Hidrografi

Potensi hidrografi memberikan peluang yang besar bagi pembangunan, baik untuk keperluan air minum, irigasi, pariwisata, dan industri. Potensi hidrografi yang ada antara lain 18 sungai dan 6 sungai besar yang bermuara di Selat Madura.

Selain potensi sungai, terdapat danau dan sejumlah mata air lainnya, di antaranya Danau Ranu Grati yang memiliki debit air maksimum 980 liter/detik. Kemudian, terdapat pula 470 sumber mata air yang tersebar di 24 kecamatan.

Sumber air yang terbesar adalah Sumber Air Umbulan di Kecamatan Winongan dengan debit 5.650 liter/detik yang digunakan untuk keperluan air minum Kabupaten Pasuruan, Kota Pasuruan, dan Kota Surabaya. Menurut rencana terbaru, penggunaannya akan diperluas hingga Kabupaten Sidoarjo serta Kabupaten Gresik. Satu lagi sumber yang cukup besar yaitu Sumber Air Banyubiru yang juga terdapat di Kecamatan Winongan dengan debit air maksimum 225 liter/detik.

Pada wilayah Kabupaten Pasuruan mengalir enam sungai besar yang bermuara di Selat

Madura, yaitu:

- a. Sungai Lawean : Bermuara di Desa Penunggul, Kecamatan Nguling.
- b. Sungai Rejoso : Bermuara di Wilayah Kecamatan Rejoso.
- c. Sungai Gembong : Bermuara di Wilayah Kota Pasuruan.
- d. Sungai Welang : Bermuara di Desa Pulokerto, Kecamatan Kraton.
- e. Sungai Masangan : Bermuara di Desa Raci, Kecamatan Bangil.
- f. Sungai Kedunglarangan : Bermuara di Desa Kalianyar, Kecamatan Bangil.

### 3.3. Data-data yang dibutuhkan

Dalam pengerjaan analisa pada penelitian ini, diperlukan beberapa data yang nantinya akan digunakan dalam proses analisa, data yang diperlukan sebagai berikut :

1. Peta Sub DAS Welang, yang mana menjadi lokasi pada pembahasan analisa pada penelitian ini.
2. Peta Lokasi pembagian letak Stasiun Hujan dan Lokasi AWLR Dhompo, yang berisi tentang informasi lokasi, koordinat, dan elevasi seluruh Stasiun Hujan dan AWLR yang berpengaruh kepada DAS Welang.
3. Data Curah Hujan Harian selama 10 Tahun terakhir (2009 – 2018) dari seluruh Stasiun Hujan dan AWLR yang dibutuhkan.
4. Data Debit Sungai Harian di Sub DAS Welang, khususnya di AWLR Dhompo.

### 3.4. Tahapan Penyelesaian Studi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa debit hasil simulasi terhadap debit di lapangan pada DAS Welang. Kesalahan relatif yang kecil dapat menjadi gambaran bahwa penelitian ini dapat dilanjutkan ke analisa selanjutnya dikarenakan parameter yang digunakan pada penelitian ini hanyalah sebagian dari seluruh parameter yang nantinya dapat digunakan untuk sebuah prediksi debit sungai, Semakin kecil kesalahan yang didapat, maka semakin baik data tersebut untuk proses analisa hidrologi.

Untuk mempermudah penyelesaian penelitian ini, maka uraian langkah-langkah pengerjaan secara sistematis dibuat.



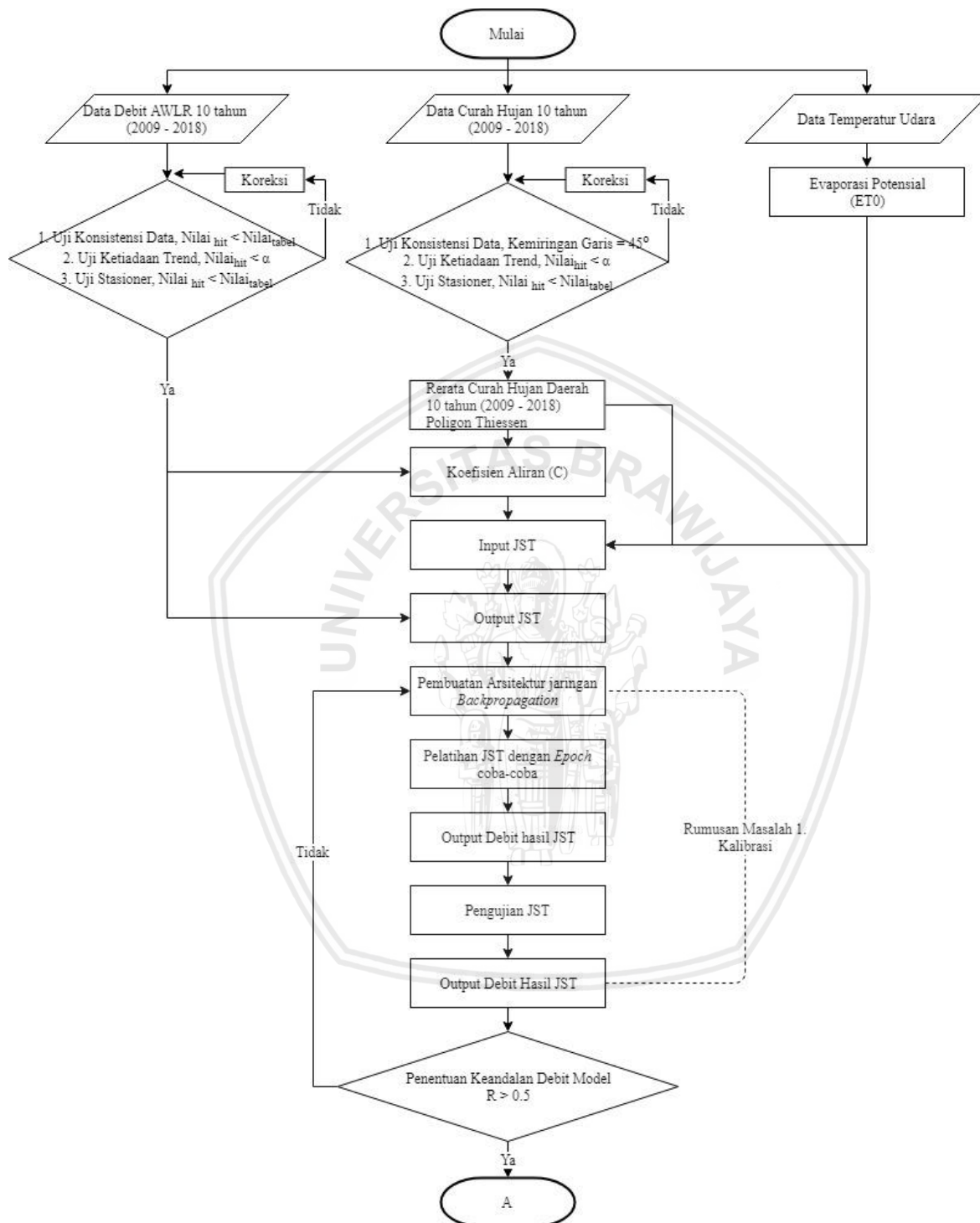
Tabel 3. 2

## Tahapan Penyelesaian Studi

No.	Tahapan Studi	Metode yang Digunakan	Data yang Digunakan	Tujuan dan Hasil
1.	Survey dan pengumpulan data	1. Permintaan Data kepada UPT PSDA Pasuruan 2. Survey Lokasi Stasiun Hujan dan AWLR	1. Data Curah Hujan Harian 2. Data Debit AWLR Harian	Melengkapi dan mendapatkan data yang diperluka, untuk proses analisa. (Data Curah Hujan dan Debit AWLR pada tahun 2009 – 2018, Peta DAS, Peta pembagian Stasiun Hujan dan AWLR)
2.	Uji konsistensi data curah hujan dan debit sungai/AWLR	1. Kurva Massa Ganda 2. Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)	1. Data Curah Hujan 2. Data Debit AWLR	Menguji Konsistensi data curah dan debit AWLR terhadap kesalahan relatif antara kedua data.
3.	Uji Ketidadaan Trend	1. Metode Spearman 2. Metode Mann Whitney 3. Metode Cox Stuart	1. Data Curah Hujan 2. Data Debit AWLR	Menguji data curah dan debit AWLR terhadap kesalahan trend yang kemungkinan dimiliki oleh kedua data.
4.	Uji Kualitas Data Hujan (Stasioner)	1. Uji-F 2. Uji-t	1. Data curah hujan 2. Data Debit AWLR	Mengetahui kestabilan nilai varian data, nilai rata-rata data yang diuji, dan mengetahui sifat data.
5.	Pemodelan Debit jaringan Syaraf Tiruan	Jaringan Syaraf Tiruan dengan <i>Multi Layer Perceptron</i> dan Algoritma <i>Backpropagation</i>	1. Data Curah Hujan 2. Data Debit AWLR	Mengetahui hasil pemodelan debit dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.
6.	Analisa Kesalahan Relatif MSE, R, dan Nash-Sutcliffe,	1. <i>Mean Square Error</i> (MSE) 2. Koefisien Korelasi (R) 3. <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	1. Debit JST 2. Debit AWLR	Memperoleh hasil perbandingan antara debit simulasi JST terhadap debit AWLR.

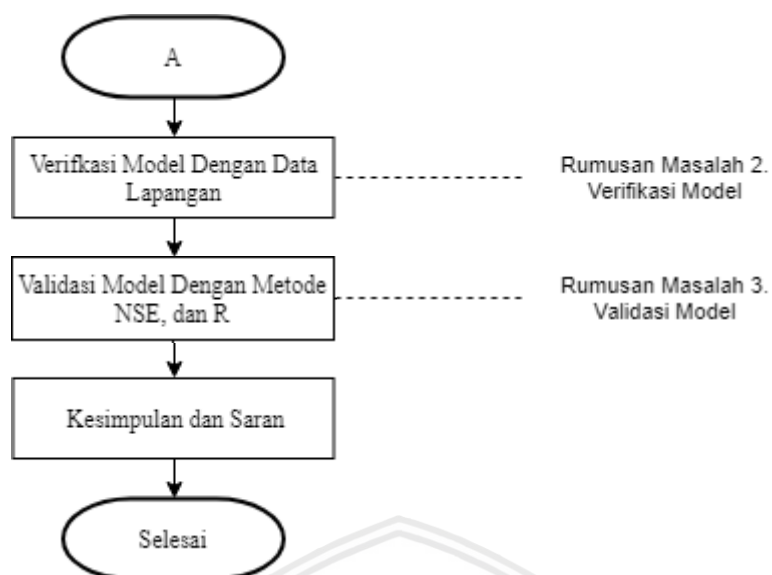
Sumber : Hasil Perhitungan (2019).

### 3.5. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

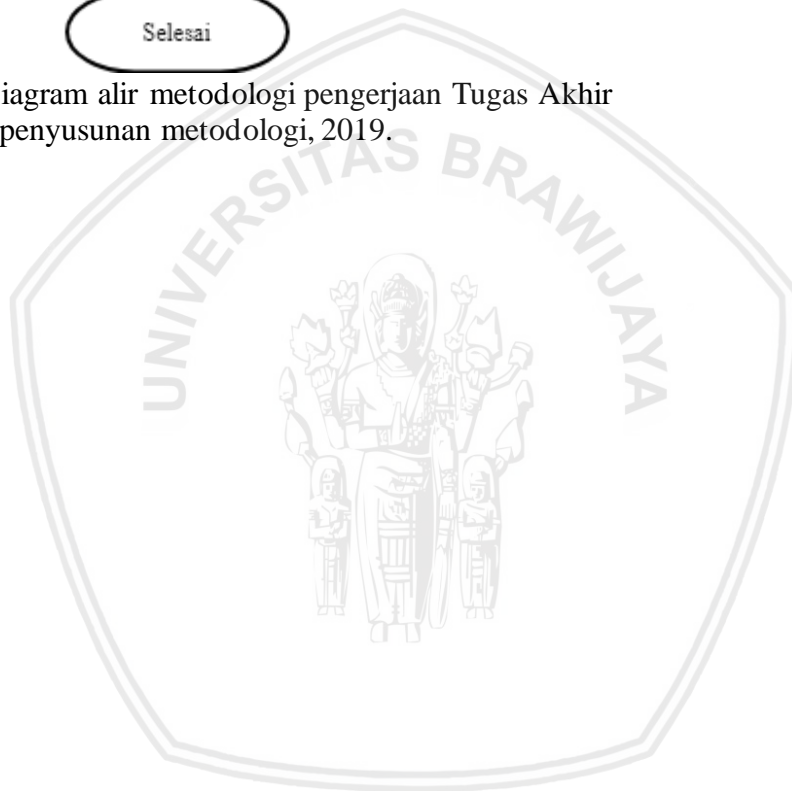


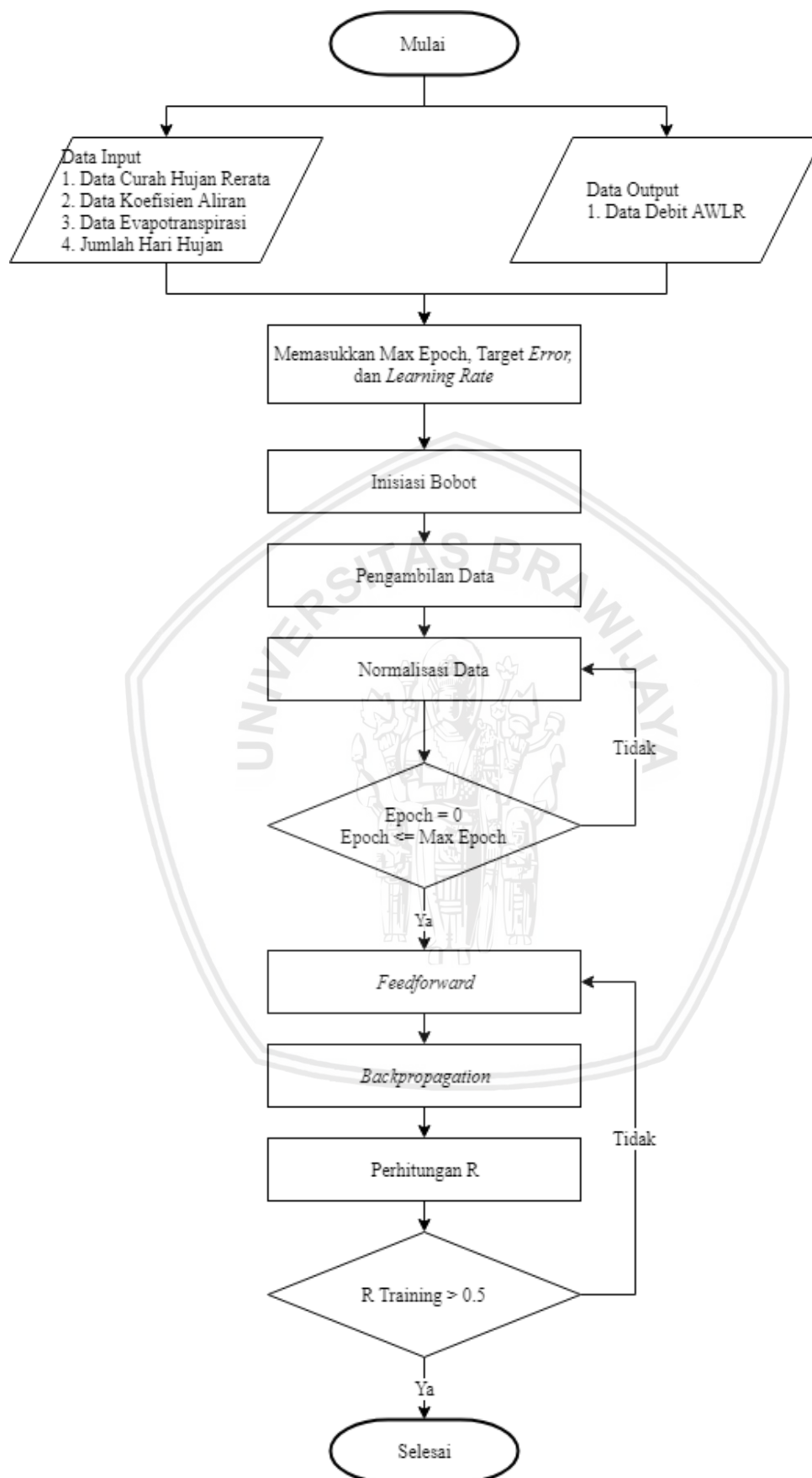
Gambar 3. 3 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir  
Sumber: Hasil penyusunan metodologi, 2019.





Gambar 3. 4 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir  
Sumber: Hasil penyusunan metodologi, 2019.





Gambar 3. 5 Diagram alir Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Software Matlab R2017a  
Sumber: Hasil penyusunan metodologi, 2019.

Tabel 3.3.  
Schedule Pengerjaan Tugas Akhir

No	Uraian Pekerjaan	Waktu Pelaksanaan																					
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli	
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
1	BAB 1																						
2	BAB 2																						
3	BAB 3																						
4	Seminar Proposal																						
5	BAB 4																						
6	BAB 5																						
7	Ujian Komprehensif																						

Keterangan



- = Pengerjaan
- = Seminar dan Ujian
- = Kegiatan Studi Nasional 2019
- = Libur dan Cuti Bersama Idul Fitri

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengolahan Data

Survei pendahuluan yang dilakukan adalah melakukan survei lapangan untuk mendapatkan data primer, yakni berupa data koordinat pos stasiun hujan yang ada di wilayah DAS Welang. Hasil survei ini memperoleh 7 (tujuh) pos stasiun hujan yang tersebar di wilayah DAS Welang. Berdasarkan hasil survei lapangan, pos stasiun hujan yang di survey dalam wilayah DAS Welang berjumlah 6 pos stasiun hujan yang berada di Kabupaten Pasuruan dan yang berada di Kabupaten Malang berjumlah 1 pos stasiun hujan. Ketujuh pos stasiun hujan ini dianggap sudah mewakili keadaan curah hujan di wilayah DAS Welang, karena letak ketujuh pos stasiun hujan ini tersebar dan mempunyai luas pengaruh yang besar, Dokumentasi ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

Data hujan diperlukan sebagai salah satu dari *Input Layer* dalam pengerjaan Jaringan Syaraf Tiruan dengan bantuan program *Matlab* R2017A. Data ini diperoleh melalui instansi yang berwenang, yakni Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengelolaan Sumberdaya Air Pasuruan. Periode data yang didapat yakni 10 tahun dengan rentang tahun 2009-2018 berupa data harian. Data-data ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Adapun stasiun yang dimaksudkan adalah :

Tabel 4. 1

Lokasi Stasiun Hujan di DAS Welang

No.	Stasiun Hujan	Lokasi		Koordinat		Elevasi (mdpl)
		Desa	Kecamatan	B. Timur	L. Selatan	
1	Lawang	Bamban	Lawang	112° 41' 54"	07° 48' 16"	535
2	Pager	Sengon	Purwosari	112° 43' 56"	07° 45' 38"	275
3	Purwosari	Kemirahan	Pasuruan	112° 47' 1"	07° 36' 5"	262
4	Telebuk	Dukuh Mojotunan	Sukorejo	112° 45' 1"	07° 42' 2"	180
5	Tutur	Nongkojajar	Tutur	112° 50' 14"	07° 52' 51"	990
6	Wonorejo	Wonorejo	Wonorejo	112° 49' 3"	07° 49' 11"	100
7	Selowongko	Selowongko	Kejayan	112° 46' 57"	07° 46' 50"	148

Sumber : Unit Pelaksana Teknis dan Sumber Daya Air Pasuruan (2019)

Dibutuhkan pula data debit sungai AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) sebagai data *target* yang digunakan dalam uji validasi dengan data curah hujan pos stasiun hujan, data temperatur, dan koefisien pengaliran sebagai data *input* yang akan digunakan dalam pengerjaan Jaringan Syaraf Tiruan.

Data AWLR ini didapat dari Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengelolaan Sumberdaya Air Pasuruan. Periode data yang didapat yakni 10 tahun dengan rentang tahun 2009-2018 berupa data harian. Data-data ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### **4.2. Analisis Kualitas Data**

Analisis kualitas data sangat dibutuhkan dalam sebuah analisis data statistika berupa data deret berkala seperti data curah hujan. Analisis ini digunakan untuk mengetahui kualitas data hidrologi secara statistik karena dalam proses pengambilan data di lapangan tentunya mengalami berbagai gangguan dari faktor lingkungan yang akan mempengaruhi data. Data yang telah mengalami pengujian dalam tahap ini dianggap telah memiliki kualitas data statistik yang baik sehingga dapat digunakan untuk analisis hidrologi lanjutan.

##### **4.2.1. Uji Konsistensi**

Uji konsistensi bertujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan hubungan tiap pos stasiun hujan dengan pos stasiun hujan lainnya yang berada di sekitar pos tersebut. Dalam melakukan uji konsistensi pada data hidrologi, umumnya digunakan beberapa metode seperti metode kurva massa ganda dan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode kurva massa ganda dapat digunakan apabila terdapat minimal 3 (tiga) pos stasiun hujan, sedangkan pada uji dengan data tunggal dapat menggunakan metode RAPS.

Dalam uji ini digunakan metode kurva massa ganda untuk pengujian 7 (tujuh) pos stasiun hujan. Satu pos yang diuji dan kemudian enam pos yang tersisa dianggap sebagai pos stasiun hujan sekitar. Data yang diuji merupakan data tahunan dan bulanan tiap pos stasiun hujan sebanyak 10 tahun (2009-2018). Sedangkan uji konsistensi pada data debit menggunakan metode RAPS, dan data yang diuji merupakan data tahunan dan bulanan dengan panjang data 10 tahun (2009-2018).

##### **4.2.1.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Stasiun Hujan**

Pengujian dengan metode kurva massa ganda dikatakan konsisten apabila diperoleh nilai kemiringan sudut garis trend pada grafik sebesar  $\alpha = 45^\circ$  atau kemiringan garis (*slope*)  $S=1$ . Toleransi data masih dapat dianggap konsisten pada rentangan nilai  $42^\circ < \alpha < 48^\circ$ , karena ketika dilakukan koreksi data hasil yang diperoleh tidak akan memberikan besaran yang signifikan.

Hasil perhitungan uji konsistensi Pos Stasiun Hujan Lawang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2

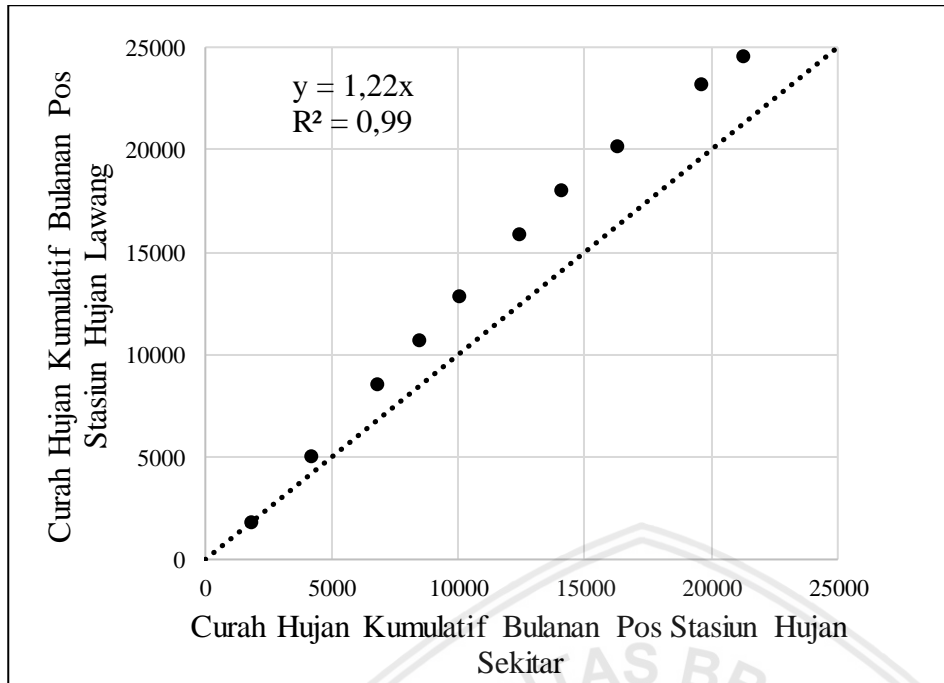
Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang

Tahun	Lawang	Pos Stasiun Hujan Sekitar						Rerata	Komulatif	
		Pager	Purwosari	Selowongko	Telebuk	Tutur	Wonorejo		Lawang	Rerata Pos Sekitar
2018	1.849	1.967	2.021	1.730	1.512	2.148	1.175	1.759	1.849	1.759
2017	3.237	2.913	3.510	2.296	2.362	1.711	1.575	2.395	5.086	4.153
2016	3.534	2.746	3.414	1.489	2.536	3.567	1.865	2.603	8.620	6.756
2015	2.164	2.208	1.987	842	1.641	1.871	1.139	1.615	10.784	8.371
2014	2.092	1.935	1.876	1.147	1.641	2.047	1.196	1.640	12.876	10.011
2013	3.032	2.871	2.938	1.635	2.484	2.651	1.619	2.366	15.908	12.378
2012	2.220	1.849	1.780	1.193	1.684	2.096	1.041	1.607	18.128	13.985
2011	2.082	2.549	2.657	1.650	2.522	2.941	1.322	2.274	20.210	16.258
2010	3.012	3.431	3.383	2.290	3.085	5.298	2.157	3.274	23.222	19.532
2009	1.362	1.954	1.688	1.489	1.678	2.045	1.286	1.690	24.584	21.222

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Membuat kurva yang menggambarkan perbandingan antara kumulatif pos stasiun hujan yang diuji dengan kumulatif rerata pos stasiun hujan sekitarnya. Ketentuan grafik adalah untuk sumbu X merupakan kumulatif rerata pos stasiun hujan sekitar dan sumbu Y merupakan kumulatif pos stasiun hujan yang diuji.





Gambar 4. 1 Grafik Kurva Massa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kumulatif pos stasiun hujan yang diuji dengan kumulatif rerata pos stasiun hujan sekitar yang digunakan sebagai pembanding. Perbedaan nilai ini mempengaruhi hasil *plotting* grafik untuk analisis kurva massa ganda. Hasil yang ditunjukkan oleh kurva ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 Dapat dilihat ada beberapa titik yang berada di luar satu garis. Hal ini mengharuskan adanya koreksi-koreksi data yang dianggap bermasalah atau tidak sesuai dengan garis trend untuk menentukan konsistensi data. Proses selanjutnya dilanjutkan dengan tahap perhitungan untuk memastikan sudut.

1. Menghitung kemiringan garis trend/*slope* pada kurva massa ganda dan sudut  $\alpha$  dengan rentang data tahun 2009-2018.

Cara 1:

$$S = \frac{Y}{X} = \frac{24.584}{21.222}$$

$$= 1,16$$

Maka, nilai  $\alpha = \arctan S$

$$\alpha = \arctan (1,16)$$

$$= 49,20^\circ$$

Cara 2:

$$y = bx$$

$$b = \text{kemiringan garis (S)}$$

$$y = 1,22x$$

$$S = 1,22$$

Maka, nilai  $\alpha = \arctan S$

$$\alpha = \arctan (1,22)$$

$$= 50,73^\circ$$

Pada grafik uji konsistensi Stasiun Lawang, terlihat ada patahan (perbedaan kemiringan) pada garis yang terbentuk, sehingga perlu dilakukan koreksi sebagai berikut:

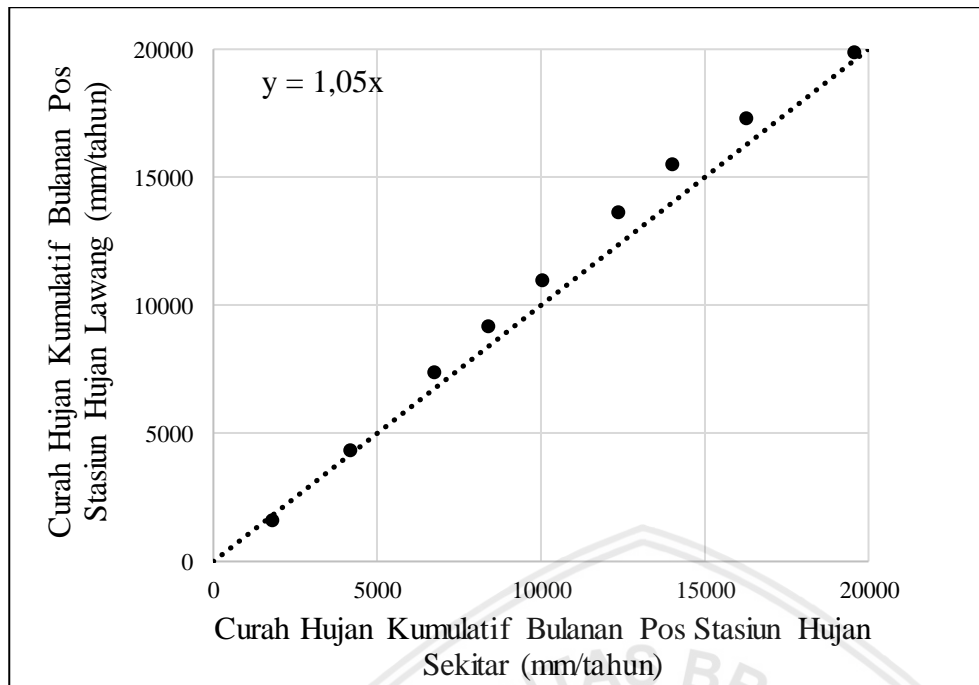
$$\begin{aligned} \text{a. Besar Faktor Koreksi} &= S_k / \frac{\text{Selisih Komulatif Stasiun Yang Dipantau}}{\text{Selisih Komulatif Stasiun Sekitar}} \\ &= 1 / \frac{1.849 - 24.584}{1.759 - 21.222} \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3

Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang Terkoreksi.

Tahun	Pos Hujan Lawang		Pos Hujan Sekitar	
	CH Tahunan	Kumulatif	CH Tahunan Rerata	Kumulatif
2018	1.583	1.583	1.759	1.759
2017	2.771	4.354	2.395	4.153
2016	3.025	7.380	2.603	6.756
2015	1.853	9.232	1.615	8.371
2014	1.791	11.023	1.640	10.011
2013	2.596	13.619	2.366	12.378
2012	1.901	15.519	1.607	13.985
2011	1.782	17.302	2.274	16.258
2010	2.579	19.880	3.274	19.532
2009	1.166	21.046	1.690	21.222

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4. 2 Grafik Kurva Massa Ganda Pos Stasiun Hujan Lawang Terkoreksi.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh Perhitungan Curah Hujan Pos Stasiun Hujan Lawang Tahun 2018 :

Diketahui :

CH Pos hujan Stasiun Lawang = 1.849 mm/tahun

CH Tahunan Rerata = 1.759 mm/tahun

Angka Koreksi (c) = 0,86

y = bx

b = kemiringan garis (S)

y = 1,05x

S = 1,05

CH Terkoreksi = CH \* c

= 1.849 \* 0,86

= 1.583

Maka, nilai  $\alpha = \arctan S$

$\alpha = \arctan (1,05)$

= 46,31°

Tabel 4. 4

Rekapitulasi nilai  $\alpha$  pada masing-masing pos stasiun hujan.

Pos Stasiun Hujan	Nilai alfa		Faktor Koreksi	Setelah Terkoreksi
	Cara 1	Cara 2		
Lawang	49,20	50,73	0,86	46,31
Pager	48,98	49,00	0,87	44,99
Purwosari	50,11	50,97	0,83	45,82
Selowongko	34,78	34,56	1,49	45,76
Telebuk	48,63	49,06	0,86	44,75
Tutur	50,78	48,86	0,82	44,55
Wonorejo	31,43	31,11	1,64	44,70

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan tabel 4.4, seluruh nilai  $\alpha$  pada masing-masing pos stasiun hujan berada pada rentangan nilai  $42^\circ < \alpha < 48^\circ$  dan dinggap mendekati  $45^\circ$ . Untuk hasil Uji Lengkung Massa Ganda pos stasiun hujan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### 4.2.1.2 Uji Konsistensi Data Debit AWLR

Uji Konsistensi dengan data Debit AWLR dihitung dengan menggunakan metode RAPS.

Dikarenakan data Debit AWLR merupakan data tunggal.

Tabel 4. 5

Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR.

Tabel Uji Konsistensi Data (RAPS) Tahunan							
No	Tahun	Debit AWLR (m <sup>3</sup> /tahun)	Yi - Yrerata	Sk*	Dy <sup>2</sup>	Sk**	[Sk**]
1	2009	2.098	-1.010	-1.010	102.086	-0,94	0,94
2	2010	3.261	153	-857	2.354	0,14	0,14
3	2011	3.507	399	552	15.899	0,37	0,37
4	2012	2.055	-1.053	-654	110.881	-0,98	0,98
5	2013	2.552	-556	-1.609	30.872	-0,52	0,52
6	2014	2.230	-878	-1.433	77.044	-0,82	0,82
7	2015	2.413	-694	-1.572	48.223	-0,65	0,65
8	2016	5.759	2.651	1.956	702.660	2,47	2,47
9	2017	3.863	755	3.405	56.960	0,70	0,70
10	2018	3.341	234	988	5.453	0,22	0,22
Jumlah		31.079			1.152.435		
Rerata		3.108					
n		10					
Sk** maks.						2,47	
Sk** min.						-0,98	

Lanjutan Tabel 4.5 Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR.

Q	2.469
R	3.450
Q <sub>0,5/(n0.5)</sub> hitung	0,49
Q/(n0.5) tabel	1,14
Kesimpulan	DITERIMA
R/(n0.5) hitung	0,59
R/(n0.5) tabel	1,28
Kesimpulan	DITERIMA

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh Perhitungan Uji RAPS tahun 2009 :

Diketahui:

$$Y = 2.097 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$n = 10$$

$$\frac{Q}{\sqrt{N}} \text{ tabel} = 1,14$$

$$\frac{R}{\sqrt{N}} \text{ tabel} = 1,28$$

$$\bar{Y} = 3.108 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$Y_i - \bar{Y} = 2.098 - 3.107 \\ = -1.010$$

$$S_k^* = (Y_i - \bar{Y})_{2009} + (Y_i - \bar{Y})_{2010} \\ = -1.010 + 153 \\ = -856$$

$$D_y = 1.073$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \\ = \frac{-1.010}{1.073} \\ = -0,94$$

$$Q = S_k^{**} \text{ maks}$$

$$R = S_k^{**} \text{ maks} - S_k^{**} \text{ min} \\ = 2,47 - (-0,98) \\ = 3,45$$

$$\frac{Q}{\sqrt{N}} = \frac{2.469}{\sqrt{10}}$$

$$= 0,49$$

$$\frac{R}{\sqrt{N}} = \frac{3.450}{\sqrt{10}}$$

$$= 1,28$$

Pada derajat kepercayaan  $\alpha$  5% dan 1%,  $n = 10$ , maka dengan tabel  $Q_{kritis}$  (Harto, 2009) diperoleh nilai  $Q_{kritis} = 1,14$  untuk 5% dan  $Q_{kritis} = 1,29$  untuk 1%, dengan  $Q_{hitung} = 0,49$ , maka  $Q_{hitung} < Q_{kritis}$  ( $0,49 < 1,14 < 1,29$ ) maka  $Q$  diterima. Pada derajat kepercayaan  $\alpha$  5% dan 1%,  $n = 10$ , maka dengan tabel  $R_{kritis}$  (Harto, 2009) diperoleh nilai  $R_{kritis} = 1,28$  untuk 5% dan  $R_{kritis} = 1,38$  untuk 1%, dengan  $R_{hitung} = 0,59$ , maka  $R_{hitung} < R_{kritis}$  ( $0,59 < 1,28 < 1,38$ ) maka  $R$  diterima. Dengan kata lain, data Debit AWLR dengan periode bulanan memiliki kestabilan nilai varian. Perhitungan untuk periode yang lain disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 4. 6

Rekapitulasi Hasil Uji RAPS Data debit AWLR Pada Setiap Periode

No	AWLR	Periode	$Q/n^{0,5}$	$R/n^{0,5}$	$Q_{kritis}$	$R_{kritis}$	Keterangan
1	Dhomp	Tahunan	0,49	0,59	1,14	1,28	Konsisten
2		Bulanan	0,21	0,25	1,36	1,75	Konsisten

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa data debit AWLR memiliki kestabilan nilai varian baik data bulanan maupun tahunan

#### 4.2.1.3 Uji Ketiadaan Trend

Uji ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya trend atau variasi dalam data. Jika terdapat trend maka data tidak disarankan dalam analisa, data yang dihasilkan harus homogen, artinya data yang berasal dari populasi yang jenisnya sama.

#### 4.2.1.4 Uji Koreklasi Peringkat Metode Spearman

Trend merupakan korelasi antara waktu dengan variant dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari suatu deret berkala.

Langkah-langkah dalam menentukan ada atau tidak adanya *trend* menggunakan metode Spearman pada Stasiun Hujan Lawang adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 7

## Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt <sup>2</sup>
1	Jan-09	1	7	50	49	2.401
2	Feb-09	2	9	30	28	784
3	Mar-09	3	4	68	65	4.225
4	Apr-09	4	4	67	63	3.969
5	May-09	5	2	80	75	5.625
6	Jun-09	6	1	90	84	7.056
7	Jul-09	7	0	106	99	9.801
8	Aug-09	8	1	94	86	7.396
9	Sep-09	9	1	89	80	6.400
10	Oct-09	10	1	97	87	7.569
11	Nov-09	11	2	81	70	4.900
12	Dec-09	12	7	49	37	1.369
13	Jan-10	13	10	25	12	144
14	Feb-10	14	7	52	38	1.444
15	Mar-10	15	9	28	13	169
16	Apr-10	16	9	27	11	121
17	May-10	17	8	42	25	625
18	Jun-10	18	3	72	54	2.916
19	Jul-10	19	3	78	59	3.481
20	Aug-10	20	3	70	50	2.500
21	Sep-10	21	4	65	44	1.936
22	Oct-10	22	9	26	4	16
23	Nov-10	23	12	16	-7	49
24	Dec-10	24	8	40	16	256
25	Jan-11	25	7	53	28	784
26	Feb-11	26	6	60	34	1.156
27	Mar-11	27	10	24	-3	9
28	Apr-11	28	12	15	-13	169
29	May-11	29	5	62	33	1.089
30	Jun-11	30	1	95	65	4.225
31	Jul-11	31	0	109	78	6.084
32	Aug-11	32	0	109	77	5.929
33	Sep-11	33	1	100	67	4.489
34	Oct-11	34	2	87	53	2.809
35	Nov-11	35	8	37	2	4
36	Dec-11	36	9	32	-4	16
37	Jan-12	37	7	46	9	81
38	Feb-12	38	19	3	-35	1.225
39	Mar-12	39	4	69	30	900
40	Apr-12	40	6	59	19	361
41	May-12	41	3	76	35	1.225
42	Jun-12	42	2	86	44	1.936
43	Jul-12	43	0	109	66	4.356
44	Aug-12	44	0	109	65	4.225
45	Sep-12	45	1	100	55	3.025
46	Oct-12	46	0	103	57	3.249



Lanjutan Tabel 4.7 Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt <sup>2</sup>
47	Nov-12	47	9	29	-18	324
48	Dec-12	48	14	8	-40	1.600
49	Jan-13	49	8	43	-6	36
50	Feb-13	50	8	40	-10	100
51	Mar-13	51	13	11	-40	1.600
52	Apr-13	52	10	21	-31	961
53	May-13	53	5	61	8	64
54	Jun-13	54	9	32	-22	484
55	Jul-13	55	6	58	3	9
56	Aug-13	56	0	103	47	2.209
57	Sep-13	57	0	106	49	2.401
58	Oct-13	58	4	66	8	64
59	Nov-13	59	11	20	-39	1.521
60	Dec-13	60	11	19	-41	1.681
61	Jan-14	61	10	23	-38	1.444
62	Feb-14	62	8	35	-27	729
63	Mar-14	63	7	50	-13	169
64	Apr-14	64	13	13	-51	2.601
65	May-14	65	3	78	13	169
66	Jun-14	66	2	85	19	361
67	Jul-14	67	1	100	33	1.089
68	Aug-14	68	1	97	29	841
69	Sep-14	69	0	109	40	1.600
70	Oct-14	70	1	93	23	529
71	Nov-14	71	3	70	-1	1
72	Dec-14	72	11	18	-54	2.916
73	Jan-15	73	12	14	-59	3.481
74	Feb-15	74	15	4	-70	4.900
75	Mar-15	75	15	5	-70	4.900
76	Apr-15	76	6	56	-20	400
77	May-15	77	6	57	-20	400
78	Jun-15	78	0	103	25	625
79	Jul-15	79	0	109	30	900
80	Aug-15	80	0	108	28	784
81	Sep-15	81	0	109	28	784
82	Oct-15	82	0	109	27	729
83	Nov-15	83	1	95	12	144
84	Dec-15	84	6	54	-30	900
85	Jan-16	85	13	10	-75	5.625
86	Feb-16	86	25	1	-85	7.225
87	Mar-16	87	9	31	-56	3.136
88	Apr-16	88	7	47	-41	1.681
89	May-16	89	4	64	-25	625

Lanjutan Tabel 4.7 Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt <sup>2</sup>
90	Jun-16	90	8	43	-47	2.209
91	Jul-16	91	2	84	-7	49
92	Aug-16	92	6	55	-37	1.369
93	Sep-16	93	1	91	-2	4
94	Oct-16	94	8	38	-56	3.136
95	Nov-16	95	7	45	-50	2.500
96	Dec-16	96	9	34	-62	3.844
97	Jan-17	97	21	2	-95	9.025
98	Feb-17	98	14	8	-90	8.100
99	Mar-17	99	13	12	-87	7.569
100	Apr-17	100	11	17	-83	6.889
101	May-17	101	3	74	-27	729
102	Jun-17	102	2	87	-15	225
103	Jul-17	103	0	109	6	36
104	Aug-17	104	0	109	5	25
105	Sep-17	105	1	97	-8	64
106	Oct-17	106	3	76	-30	900
107	Nov-17	107	14	6	-101	10.201
108	Dec-17	108	10	21	-87	7.569
109	Jan-18	109	8	39	-70	4.900
110	Feb-18	110	14	7	-103	10.609
111	Mar-18	111	7	48	-63	3.969
112	Apr-18	112	3	75	-37	1.369
113	May-18	113	3	72	-41	1.681
114	Jun-18	114	2	81	-33	1.089
115	Jul-18	115	0	109	-6	36
116	Aug-18	116	0	109	-7	49
117	Sep-18	117	1	92	-25	625
118	Oct-18	118	2	83	-35	1.225
119	Nov-18	119	4	63	-56	3.136
120	Dec-18	120	8	36	-84	7.056
Jumlah						285.427

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh perhitungan bulan januari tahun 2009 :

Dt = Peringkat Rt – Peringkat Tt

= 50 – 1

= 49

Dt<sup>2</sup> = 49<sup>2</sup>

= 2.401

n = 120

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$KP = 1 - \frac{6 \times 285.427}{(120^3) - 120}$$

$$= 0,009$$

$$T = Kp \left[ \frac{n-2}{1-Kp^2} \right]^{0,5}$$

$$= 0,009 \left[ \frac{120-2}{1-(-0,009)^2} \right]^{0,5} = 0,096$$

Dengan melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% dan derajat kebebasan  $n-2 = 118$ , maka diperoleh  $t_{0,5} = 1,645$  dan  $-t_{0,5} = -1,645$ , maka nilai  $t$  terletak  $-1,65 < 0,096 < 1,65$ . Oleh karena itu, hipotesa nol pada derajat kepercayaan 5%, atau dapat dikatakan dua seri data ( $R_t$  dan  $T_t$ ) adalah independen dan tidak mungkin menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4. 8

Ketidakadaan Trend Metode *Spearman* Stasiun Hujan Lawang

n	120
dk	118
Kp	0,009
t	0,096
$\alpha = 5\%$	0,05
t kritis 5%	1,65
Kesimpulan	tidak ada trend
$\alpha = 1\%$	0,01
t kritis 1%	2,32
Kesimpulan	tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Langkah yang sama juga diberlakukan pada semua stasiun lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan uji korelasi peringkat metode *Spearman* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 9

Rekapitulasi Perhitungan Metode *Spearman* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Lawang	1%	-0,92	-2,896	2,896	tidak ada trend
Pager		0,22			tidak ada trend
Purwosari		-1,13			tidak ada trend
Selowongko		0,05			tidak ada trend

Lanjutan Tabel 4. 9 Rekapitulasi Perhitungan Metode *Spearman* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Telebuk	1%	1,37	-2,896	2,896	tidak ada trend
Tutur		1,21			tidak ada trend
Wonorejo		0,61			tidak ada trend
Lawang		-0,92			tidak ada trend
Pager		0,22			tidak ada trend
Purwosari	5%	-1,13	-1,860	1,860	tidak ada trend
Selowongko		0,05			tidak ada trend
Telebuk		1,37			tidak ada trend
Tutur		1,21			tidak ada trend
Wonorejo		0,61			tidak ada trend
Dhomp		1,37			tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4. 10

Rekapitulasi Perhitungan Metode *Spearman* Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Lawang	1%	0,10	-2,326	2,326	tidak ada trend
Pager		1,94			tidak ada trend
Purwosari		1,32			tidak ada trend
Selowongko		2,83			ada trend
Telebuk		2,49			ada trend
Tutur		3,45			ada trend
Wonorejo		2,79			ada trend
Dhomp		-0,69			tidak ada trend
Lawang	5%	0,10	-1,645	1,645	tidak ada trend
Pager		1,94			tidak ada trend
Purwosari		1,32			tidak ada trend
Selowongko		2,83			ada trend
Telebuk		2,49			ada trend
Tutur		3,45			ada trend
Wonorejo		2,79			ada trend
Dhomp		-0,69			tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10, stasiun hujan Selowongko, Telebuk, Tutur, dan Wonorejo untuk periode bulanan memiliki nilai Z teoritis yang melebihi  $Z_c$ , oleh karena itu untuk Hipotesa menggunakan metode *Spearman* ditolak.

#### 4.2.1.5 Uji Mann-Whitney

Langkah-langkah dalam menentukan ada atau tidaknya trend menggunakan metode *Mann dan Whitney* Stasiun Hujan Sampang adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 11

Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang Metode Mann-whitney

No	Kelompok 1	Peringkat	Kelompok 2	Peringkat
1	7	70	10	98
2	9	91	8	86
3	4	53	7	70
4	4	54	13	108
5	2	41	3	42
6	1	31	2	36
7	0	14	1	19
8	1	27	1	22
9	1	32	0	1
10	1	22	1	28
11	2	39	3	50
12	7	72	11	103
13	10	96	12	107
14	7	69	15	117
15	9	93	15	116
16	9	94	6	65
17	8	79	6	64
18	3	48	0	16
19	3	42	0	1
20	3	50	0	13
21	4	56	0	1
22	9	95	0	1
23	12	105	1	25
24	8	80	6	67
25	7	68	13	111
26	6	61	25	120
27	10	97	9	90
28	12	106	7	74
29	5	59	4	57
30	1	25	8	77
31	0	1	2	37
32	0	1	6	66
33	1	19	1	30
34	2	33	8	83
35	8	84	7	76
36	9	88	9	87
37	7	75	21	119
38	19	118	14	112
39	4	52	13	109
40	6	62	11	104
41	3	44	3	47
42	2	35	2	33
43	0	1	0	1
44	0	1	0	1
45	1	19	1	22
46	0	16	3	44
47	9	92	14	115

Lanjutan Tabel 4.11 Peringkat Data Stasiun Hujan Lawang Metode Mann-whitney

No	Kelompok 1	Peringkat	Kelompok 2	Peringkat
48	14	112	10	99
49	8	77	8	82
50	8	80	14	114
51	13	110	7	73
52	10	99	3	46
53	5	60	3	48
54	9	88	2	39
55	6	63	0	1
56	0	16	0	1
57	0	14	1	29
58	4	55	2	38
59	11	101	4	58
60	11	102	8	85
<b>Jumlah</b>		3.587		3.584

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Perhitungan :

$$N_1 (\text{jumlah data}) = 60$$

$$N_2 (\text{jumlah data}) = 60$$

$$R_m = 3.587$$

$$\begin{aligned}
 U_1 &= N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} x (N_1 + 1) - R_m \\
 &= (60 \times 60) + \frac{60}{2} x (60 + 1) - 3.587 \\
 &= 1.843
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_2 &= N_1 N_2 \\
 &= (60 \times 60) - 1.843 \\
 &= 1.757
 \end{aligned}$$

$U_1 = 1.757$ , merupakan nilai yang lebih besar jika dibanding dengan  $U_2 = 1.757$ , sehingga untuk perhitungan selanjutnya  $U = U_2 = 1.757$ . Selanjutnya mencari nilai Z.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\frac{U - (N_1 - N_2)}{2}}{\left[ \frac{1}{12} \{ N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1) \} \right]^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{\frac{1.757 - (60 - 60)}{2}}{\left[ \frac{1}{12} \{ 60 \times 60 (60 + 60 + 1) \} \right]^{\frac{1}{2}}}
 \end{aligned}$$

$$= -0,23$$

Berdasarkan uji dua sisi pada derajat kepercayaan 5% diterima, berdasarkan tabel diperoleh nilai  $Z_c = 1,96$  dan  $-1,96$ , Nilai  $Z = -0,23$  ternyata lebih kecil dari  $Z_c = 1,96$  dan lebih besar dari  $Z_c = -1,96$  dengan demikian hipotesa tidak dapat ditolak dengan derajat kepercayaan 5%. Atau dapat dikatakan bahwa kelompok I dan kelompok II berasal dari populasi yang sama, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan yang nyata nilai rata-ratanya atau tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4. 12

Uji *Mann* dan *Whitney* Stasiun Hujan Lawang

N1	60
N2	60
Rm	3.587
U1	1.843
U2	1.757
Karena $U1 > U2$ , maka digunakan $U = U2$	
Z	-0,23
$\alpha = 5\%$	0,05
Z kritis 5%	1,96
Kesimpulan	tidak ada trend
$\alpha = 1\%$	0,01
Z kritis 1%	2,58
Kesimpulan	tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019.

Langkah yang sama juga diberlakukan pada semua stasiun lainnya. Untuk hasil Uji Ketiadaan Trend Metode *Mann* dan *Whitney* lainnya dapat dilihat pada. Rekapitulasi hasil perhitungan metode *Mann* dan *Whitney* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13

Rekapitulasi Perhitungan *Mann* dan *Whitney* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	$Z_c$	Kesimpulan
Lawang	1%	-0,52	-2,58      2,58	tidak ada trend
Pager		-0,31		tidak ada trend
Purwosari		-0,73		tidak ada trend
Selowongko		-0,52		tidak ada trend
Telebuk		-1,36		tidak ada trend
Tutur		-1,57		tidak ada trend
Wonorejo		-0,31		tidak ada trend
Dhomp		-0,87		tidak ada trend
Lawang	5%	-0,52	-1,96      1,96	tidak ada trend



Lanjutan Tabel 4. 13 Rekapitulasi Perhitungan *Mann* dan *Whitney* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	Zc	Kesimpulan
Telebuk	5%	-0,31	-1,96      1,96	tidak ada trend
Pager		-0,73		tidak ada trend
Purwosari		-0,52		tidak ada trend
Selowongko		-1,36		tidak ada trend
Tutur		-1,57		tidak ada trend
Wonorejo		-0,31		tidak ada trend
Dhomp		-0,87		tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4. 14

Rekapitulasi Perhitungan *Mann* dan *Whitney* Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	Zc	Kesimpulan
Lawang	1%	-0,23	-2,58      2,58	tidak ada trend
Pager		0,02		tidak ada trend
Purwosari		-0,35		tidak ada trend
Selowongko		-0,81		tidak ada trend
Telebuk		-0,37		tidak ada trend
Tutur		-0,56		tidak ada trend
Wonorejo		-1,89		tidak ada trend
Dhomp		-1,15		tidak ada trend
Lawang	5%	-0,23	-1,96      1,96	tidak ada trend
Pager		0,02		tidak ada trend
Purwosari		-0,35		tidak ada trend
Selowongko		-0,81		tidak ada trend
Telebuk		-0,37		tidak ada trend
Tutur		-0,56		tidak ada trend
Wonorejo		-1,89		tidak ada trend
Dhomp		-1,15		tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14, semua stasiun memiliki nilai Z teoritis diantara Zc, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan yang nyata nilai rata-ratanya atau tidak menunjukkan adanya *trend*, oleh karena itu untuk Hipotesa menggunakan metode *Mann* dan *Whitney* diterima.

#### 4.2.1.6 Uji Ketidadaan Trend Metode Cox-Stuart

Langkah-langkah dalam menentukan ada atau tidaknya *trend* menggunakan metode *Cox* dan *Stuart* Stasiun Hujan Sampang adalah sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi tiga kelompok dengan mengabaikan data pada kelompok dua
2. Menentukan tanda positif dan negatif pada data (kelompok satu-kelompok tiga)

3. Menentukan nilai S berdasarkan jumlah data positif
4. Menghitung parameter statistic

Tabel 4. 15

Kelompok Data Stasiun Hujan Lawang Metode Cox-Stuart

No	Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	Tanda III-I
1	7	3	0	-
2	9	2	0	-
3	4	0	1	-
4	4	0	6	+
5	2	1	13	+
6	1	0	25	+
7	0	9	9	+
8	1	14	7	+
9	1	8	4	+
10	1	8	8	+
11	2	13	2	-
12	7	10	6	-
13	10	5	1	-
14	7	9	8	+
15	9	6	7	-
16	9	0	9	-
17	8	0	21	+
18	3	4	14	+
19	3	11	13	+
20	3	11	11	+
21	4	10	3	-
22	9	8	2	-
23	12	7	0	-
24	8	13	0	-
25	7	3	1	-
26	6	2	3	-
27	10	1	14	+
28	12	1	10	-
29	5	0	8	+
30	1	1	14	+
31	0	3	7	+
32	0	11	3	+
33	1	12	3	+
34	2	15	2	+
35	8	15	0	-
36	9	6	0	-
37	7	6	1	-
38	19	0	2	-
39	4	0	4	+
40	6	0	8	+

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Perhitungan :

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6} - 0,5}{\sqrt{\frac{n}{12}}}$$

$$= \frac{21 - \frac{120}{6} - 0,5}{\sqrt{\frac{120}{12}}}$$

$$= 0,16$$

Nilai Z teoritis dari tabel untuk derajat kepercayaan 5% ditolak adalah 1,96. Oleh karena  $Z = 0,16$  lebih kecil dari  $Z_c = 1,96$  maka hipotesa diterima. Dengan demikian data hasil uji Cox dan Stuart tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4. 16

Uji *Cox* dan *Stuart* Stasiun Hujan Lawang

S (jumlah tanda (+))	21
n	120
Z	0,16
$\alpha = 5\%$	0,05
Z kritis	1,96
Kesimpulan	tidak ada trend
$\alpha = 1\%$	0,01
Z kritis	2,58
Kesimpulan	tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Langkah yang sama juga diberlakukan pada semua stasiun lainnya.. Rekapitulasi hasil perhitungan metode *Cox* dan *Stuart* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 17

Rekapitulasi Perhitungan *Cox* dan *Stuart* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	$Z_c$		Kesimpulan
Lawang	1%	0,91	-2,58	2,58	tidak ada trend
Pager		0,91			tidak ada trend
Purwosari		2,01			tidak ada trend
Selowongko		-0,18			tidak ada trend
Telebuk		-2,37			tidak ada trend
Tutur		-1,28			tidak ada trend
Wonorejo		-0,18			tidak ada trend
Dhomp	5%	2,01	-1,96	1,96	tidak ada trend
Lawang		0,91			tidak ada trend
Pager		0,91			tidak ada trend

Lanjutan Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan *Cox* dan *Stuart* Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	Zc	Kesimpulan
Purwosari	5%	2,01	-1,96      1,96	ada trend
Selowongko		-0,18		tidak ada trend
Telebuk		-2,37		ada trend
Tutur		-1,28		tidak ada trend
Wonorejo		-0,18		tidak ada trend
Dhomp		2,01		ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4. 18

Rekapitulasi Perhitungan *Cox* dan *Stuart* Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	Z	Zc	Kesimpulan
Lawang	1%	0,16	-2,58      2,58	tidak ada trend
Pager		-0,79		tidak ada trend
Purwosari		-0,47		tidak ada trend
Selowongko		-0,47		tidak ada trend
Telebuk		-0,79		tidak ada trend
Tutur		-1,74		tidak ada trend
Wonorejo		-0,16		tidak ada trend
Dhomp		0,79		tidak ada trend
Lawang	5%	0,16	-1,96      1,96	tidak ada trend
Pager		-0,79		tidak ada trend
Purwosari		-0,47		tidak ada trend
Selowongko		-0,47		tidak ada trend
Telebuk		-0,79		tidak ada trend
Tutur		-1,74		tidak ada trend
Wonorejo		-0,16		tidak ada trend
Dhomp		0,79		tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan tabel 4.17 dan 4.18, stasiun hujan Purwosari, AWLR Dhomp, dan Telebuk periode Tahunan memiliki nilai Z teoritis untuk derajat kepercayaan 1%. Hal itu karena nilai Z lebih besar dari  $Z_c = 1,96$ , maka harus dinaikkan derajatnya dengan derajat kepercayaan 1% ditolak adalah 2,58. perhitungan uji ketiadaan trend untuk periode lainnya dapat dilihat pada lampiran 4.

#### 4.2.2. Uji Stasioner

Uji stasioner digunakan untuk menguji kestabilan varian dan kestabilan nilai rata-rata dari sebuah deret berkala seperti data curah hujan. Data yang diharapkan ialah nilai varian dan rata-ratanya tidak mengalami perubahan yang sistematis dan drastis sepanjang waktu atau cenderung konstan. Hasil yang diharapkan dari uji ini adalah data yang bersifat homogen, yakni hasil kedua uji menunjukkan data yang stabil. Dalam uji ini, data dibagi menjadi tiga periode, sehingga pengujian dilakukan berdasarkan seluruh periode tersebut baik untuk Uji F maupun Uji t.

#### 4.2.2.1 Uji Kestabilan Varian (Uji F)

Uji F digunakan untuk menguji kestabilan nilai varian data, dalam studi ini digunakan Tahunan, dan bulanan dengan panjang data 10 tahun. Adapun tahapan dalam uji ini sebagai berikut:

Tabel 4. 19

Pembagian Kelompok untuk Uji F Data Curah Hujan Stasiun Lawang Tahunan

Kelompok 1			NO	Kelompok 2	
Bulan	CH			Bulan	CH
1	Jan-09	7	61	Jan-14	10
2	Feb-09	9	62	Feb-14	8
3	Mar-09	4	63	Mar-14	7
4	Apr-09	4	64	Apr-14	13
5	May-09	2	65	May-14	3
6	Jun-09	1	66	Jun-14	2
7	Jul-09	0	67	Jul-14	1
8	Aug-09	1	68	Aug-14	1
9	Sep-09	1	69	Sep-14	0
10	Oct-09	1	70	Oct-14	1
11	Nov-09	2	71	Nov-14	3
12	Dec-09	7	72	Dec-14	11
13	Jan-10	10	73	Jan-15	12
14	Feb-10	7	74	Feb-15	15
15	Mar-10	9	75	Mar-15	15
16	Apr-10	9	76	Apr-15	6
17	May-10	8	77	May-15	6
18	Jun-10	3	78	Jun-15	0
19	Jul-10	3	79	Jul-15	0
20	Aug-10	3	80	Aug-15	0
21	Sep-10	4	81	Sep-15	0
22	Oct-10	9	82	Oct-15	0
23	Nov-10	12	83	Nov-15	1
24	Dec-10	8	84	Dec-15	6
25	Jan-11	7	85	Jan-16	13
26	Feb-11	6	86	Feb-16	25
27	Mar-11	10	87	Mar-16	9
28	Apr-11	12	88	Apr-16	7
29	May-11	5	89	May-16	4
30	Jun-11	1	90	Jun-16	8
31	Jul-11	0	91	Jul-16	2
32	Aug-11	0	92	Aug-16	6
33	Sep-11	1	93	Sep-16	1
34	Oct-11	2	94	Oct-16	8
35	Nov-11	8	95	Nov-16	7
36	Dec-11	9	96	Dec-16	9
37	Jan-12	7	97	Jan-17	21
38	Feb-12	19	98	Feb-17	14
39	Mar-12	4	99	Mar-17	13
40	Apr-12	6	100	Apr-17	11

Lanjutan Tabel 4.19 Pembagian Kelompok untuk Uji F Data Curah Hujan Stasiun Lawang Tahunan

NO	Kelompok 1		NO	Kelompok 2	
	Bulan	CH		Bulan	CH
41	May-12	3	101	May-17	3
42	Jun-12	2	102	Jun-17	2
43	Jul-12	0	103	Jul-17	0
44	Aug-12	0	104	Aug-17	0
45	Sep-12	1	105	Sep-17	1
46	Oct-12	0	106	Oct-17	3
47	Nov-12	9	107	Nov-17	14
48	Dec-12	14	108	Dec-17	10
49	Jan-13	8	109	Jan-18	8
50	Feb-13	8	110	Feb-18	14
51	Mar-13	13	111	Mar-18	7
52	Apr-13	10	112	Apr-18	3
53	May-13	5	113	May-18	3
54	Jun-13	9	114	Jun-18	2
55	Jul-13	6	115	Jul-18	0
56	Aug-13	0	116	Aug-18	0
57	Sep-13	0	117	Sep-18	1
58	Oct-13	4	118	Oct-18	2
59	Nov-13	11	119	Nov-18	4
60	Dec-13	11	120	Dec-18	8
Rerata X1			5,50		
Rerata X2			6,07		
S1			4,32		
S2			5,72		
n1			60		
n2			60		
dk1			59		
dk2			59		
F			0,57		
$\alpha = 5\%$			0,05		
F kritis			1,59		
Kesimpulan			diterima		
$\alpha = 1\%$			0,01		
F kritis			1,54		
Kesimpulan			diterima		

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh perhitungan:

$$n_1 \text{ (jumlah data)} = 60$$

$$n_2 \text{ (jumlah data)} = 60$$

$$X_1 \text{ rerata} = 5,50 \text{ mm}$$

$$X_2 \text{ rerata} = 6,07 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ (deviasi standar)} = 4,32$$

$$S_2 \text{ (deviasi standar)} = 5,72$$



$$dk = n-1$$

$$n_1 = 60 ; dk_1 = 59$$

$$n_2 = 60 ; dk_2 = 59$$

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{N_1 Sd_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 Sd_2^2 (N_1 - 1)} \\ &= \frac{60 \times 4,32^2 (60 - 1)}{60 \times 5,72^2 (60 - 1)} \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

Menghitung  $F_{tabel}$  atau  $F_c$  ( $F_{kritis}$ ) berdasarkan nilai  $F_{tabel}$  dengan nilai  $dk_1$  dan  $dk_2 = 4$  dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5% diperoleh nilai  $F_c = 1,59$ . Dengan demikian, nilai yang diperoleh  $F_c < F_{hitung} < F_c$  ( $-1,59 < 0,57 < 1,59$ ). Berdasarkan uji dua sisi, maka  $H_0$  diterima. Dengan kata lain, data curah hujan Lawang dengan periode Tahunan memiliki kestabilan nilai varian.

Tabel 4. 20

Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Varian (Uji F) Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	F	$F_c$		Kesimpulan
Lawang	1%	0,86	-15,98	15,98	Stabil
Pager		2,02			Stabil
Purwosari		0,75			Stabil
Selowongko		0,48			Stabil
Telebuk		1,55			Stabil
Tutur		3,17			Stabil
Wonorejo		1,79			Stabil
Dhomp		0,22			Stabil
Lawang	5%	0,86	-6,39	6,39	Stabil
Pager		2,02			Stabil
Purwosari		0,75			Stabil
Selowongko		0,48			Stabil
Telebuk		1,55			Stabil
Tutur		3,17			Stabil
Wonorejo		1,79			Stabil
Dhomp		0,22			Stabil

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4. 21

Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Varian (Uji F) Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	F	$F_c$		Kesimpulan
Lawang	1%	0,57	-1,59	1,59	Stabil
Pager		0,76			Stabil
Purwosari		0,61			Stabil
Selowongko		0,83			Stabil
Telebuk		1,00			Stabil
Tutur		1,17			Stabil
Wonorejo		0,89			Stabil
Dhomp		0,54			Stabil
Lawang	5%	0,57	-1,54	1,54	Stabil
Pager		0,76			Stabil
Purwosari		0,61			Stabil
Selowongko		0,83			Stabil
Telebuk		1,00			Stabil
Tutur		1,17			Stabil
Wonorejo		0,89			Stabil
Dhomp		0,54			Stabil

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.20 sampai Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa keseluruhan data memiliki nilai varian yang stabil dengan menunjukkan  $F_{hitung} < F_c$  pada derajat kepercayaan 5%. Dengan demikian, data-data tersebut dapat dilakukan untuk uji selanjutnya.

#### 4.2.2.2 Uji Kestabilan Nilai Rata-Rata (Uji t)

Uji t digunakan untuk menguji kestabilan nilai rata-rata data, dalam studi ini digunakan Tahunan, dan bulanan dengan panjang data 10 tahun. Adapun tahapan dalam uji ini sebagai berikut:

Tabel 4. 22

Pembagian Kelompok untuk Uji t Data Curah Hujan Tahunan

NO	Kelompok 1		NO	Kelompok 2	
	Bulan	CH		Bulan	CH
1	Jan-09	7	61	Jan-14	10
2	Feb-09	9	62	Feb-14	8
3	Mar-09	4	63	Mar-14	7
4	Apr-09	4	64	Apr-14	13
5	May-09	2	65	May-14	3
6	Jun-09	1	66	Jun-14	2
7	Jul-09	0	67	Jul-14	1
8	Aug-09	1	68	Aug-14	1
9	Sep-09	1	69	Sep-14	0
10	Oct-09	1	70	Oct-14	1
11	Nov-09	2	71	Nov-14	3
12	Dec-09	7	72	Dec-14	11
13	Jan-10	10	73	Jan-15	12

Lanjutan Tabel 4.22 Pembagian Kelompok untuk Uji t Data Curah Hujan Bulanan

NO	Kelompok 1		NO	Kelompok 2	
	Bulan	CH		Bulan	CH
14	Feb-10	7	74	Feb-15	15
15	Mar-10	9	75	Mar-15	15
16	Apr-10	9	76	Apr-15	6
17	May-10	8	77	May-15	6
18	Jun-10	3	78	Jun-15	0
19	Jul-10	3	79	Jul-15	0
20	Aug-10	3	80	Aug-15	0
21	Sep-10	4	81	Sep-15	0
22	Oct-10	9	82	Oct-15	0
23	Nov-10	12	83	Nov-15	1
24	Dec-10	8	84	Dec-15	6
25	Jan-11	7	85	Jan-16	13
26	Feb-11	6	86	Feb-16	25
27	Mar-11	10	87	Mar-16	9
28	Apr-11	12	88	Apr-16	7
29	May-11	5	89	May-16	4
30	Jun-11	1	90	Jun-16	8
31	Jul-11	0	91	Jul-16	2
32	Aug-11	0	92	Aug-16	6
33	Sep-11	1	93	Sep-16	1
34	Oct-11	2	94	Oct-16	8
35	Nov-11	8	95	Nov-16	7
36	Dec-11	9	96	Dec-16	9
37	Jan-12	7	97	Jan-17	21
38	Feb-12	19	98	Feb-17	14
39	Mar-12	4	99	Mar-17	13
40	Apr-12	6	100	Apr-17	11
41	May-12	3	101	May-17	3
42	Jun-12	2	102	Jun-17	2
43	Jul-12	0	103	Jul-17	0
44	Aug-12	0	104	Aug-17	0
45	Sep-12	1	105	Sep-17	1
46	Oct-12	0	106	Oct-17	3
47	Nov-12	9	107	Nov-17	14
48	Dec-12	14	108	Dec-17	10
49	Jan-13	8	109	Jan-18	8
50	Feb-13	8	110	Feb-18	14
51	Mar-13	13	111	Mar-18	7
52	Apr-13	10	112	Apr-18	3
53	May-13	5	113	May-18	3
54	Jun-13	9	114	Jun-18	2
55	Jul-13	6	115	Jul-18	0
56	Aug-13	0	116	Aug-18	0
57	Sep-13	0	117	Sep-18	1
58	Oct-13	4	118	Oct-18	2
59	Nov-13	11	119	Nov-18	4
60	Dec-13	11	120	Dec-18	8

Lanjutan Tabel 4.22 Pembagian Kelompok untuk Uji t Data Curah Hujan Bulanan  
Perhitungan Uji Kestabilan Rata-rata (Uji t)

Rerata X1	5,50
Rerata X2	6,07
S1	4,32
S2	5,72
n1	60
n2	60
dk	118
$\sigma$	5,11
t	-0,61
$\alpha = 5\%$	0,05
t kritis	1,65
Kesimpulan	<b>diterima</b>
$\alpha = 1\%$	0,01
t kritis	2,33
Kesimpulan	<b>diterima</b>

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh perhitungan :

$$n_1 \text{ (jumlah data)} = 60$$

$$n_2 \text{ (jumlah data)} = 60$$

$$X_1 \text{ rerata} = 5,50 \text{ mm}$$

$$X_2 \text{ rerata} = 6,07 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ (deviasi standar)} = 4,32$$

$$S_2 \text{ (deviasi standar)} = 5,72$$

$$dk = n-2$$

$$dk = 118$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \left| \frac{N_1 Sd_1^2 + N_2 Sd_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right|^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[ \frac{60 \times 4,32^2 + 60 \times 5,72^2}{60 + 60 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 5,11\end{aligned}$$

$$t_{hitung} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \left| \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right|^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \left[ \frac{5,50 - 6,07}{5,11 \left( \frac{1}{60} + \frac{1}{60} \right)^{\frac{1}{2}}} \right]$$

$$= -0,61$$

Menghitung tabel atau  $t_c$  ( $t_{kritis}$ ) berdasarkan nilai pada Tabel Nilai Kritis  $t_c$  dengan nilai  $dk = 118$  dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5% diperoleh nilai  $t_c = 1,65$ . Dengan demikian, nilai yang diperoleh  $t_c < t_{hitung} < t_c$  ( $-1,65 < -0,61 < 1,65$ ). Berdasarkan uji dua sisi, maka  $H_0$  diterima. Dengan kata lain, data curah hujan Lawang dengan periode bulanan memiliki kestabilan nilai rata-rata.

Tabel 4. 23

Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji t) Periode Tahunan

Stasiun Hujan	$\alpha$	t	$t_c$	Kesimpulan
Lawang	1%	-0,47	-2,89      2,89	Stabil
Pager		0,44		Stabil
Purwosari		-0,14		Stabil
Selowongko		0,62		Stabil
Telebuk		0,90		Stabil
Tutur		0,97		Stabil
Wonorejo		0,09		Stabil
Dhomp		-1,06		Stabil
Lawang	5%	-0,47	-1,86      1,86	Stabil
Pager		0,44		Stabil
Purwosari		-0,14		Stabil
Selowongko		0,62		Stabil
Telebuk		0,90		Stabil
Tutur		0,97		Stabil
Wonorejo		0,09		Stabil
Dhomp		-1,06		Stabil

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4. 24

Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji t) Periode Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	t	$t_c$	Kesimpulan
Lawang	1%	-0,61	-2,33      2,33	Stabil
Pager		0,44		Stabil
Purwosari		-0,18		Stabil
Selowongko		0,66		Stabil
Telebuk		0,88		Stabil
Tutur		1,56		Stabil
Wonorejo		0,11		Stabil
Dhomp		-1,53		Stabil
Lawang	5%	-0,61	-1,65      1,65	Stabil

Lanjutan Tabel 4.24 Rekapitulasi Hasil Uji Kestabilan Rata-Rata (Uji t) Periode Bulanan

Stasiun Hujan	$\alpha$	t	tc	Kesimpulan
Pager	5%	0,44	-1,65      1,65	Stabil
Purwosari		-0,18		Stabil
Selowongko		0,66		Stabil
Telebuk		0,88		Stabil
Tutur		1,56		Stabil
Wonorejo		0,11		Stabil
Dhomp		-1,53		Stabil

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.23 sampai Tabel 4.24 dapat diketahui bahwa keseluruhan data tiap periode memiliki nilai rata-rata yang stabil dengan menunjukkan bahwa  $t_{hitung} < t_c$  pada derajat kepercayaan 5%. Dengan demikian, data-data tersebut dapat dilakukan untuk uji selanjutnya.

#### 4.2.2.3 Rekapitulasi Hasil Uji Stasioner

Tabel 4. 25

Rekapitulasi Hasil Uji Stasioner

No	Nama Pos Stasiun Hujan	Uji F		Uji t		Keterangan
		Tahunan	Bulanan	Tahunan	Bulanan	
1	Lawang	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
2	Pager	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
3	Purwosari	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
4	Selowongko	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
5	Telebuk	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
6	Tutur	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
7	Wonorejo	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen
8	Dhomp	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Homogen

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.25, hasil yang didapat dari Uji Stasioner adalah seluruh data tergolong stabil atau konstan pada Uji Nilai Varian (Uji F) dan Uji Nilai Rata-Rata (Uji t) dengan periode Tahunan, dan bulanan. Data pada semua periode ini tentunya memiliki homogenitas tinggi sesuai dengan kriteria data hidrologi, sehingga dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Untuk hasil Uji Stasioner lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

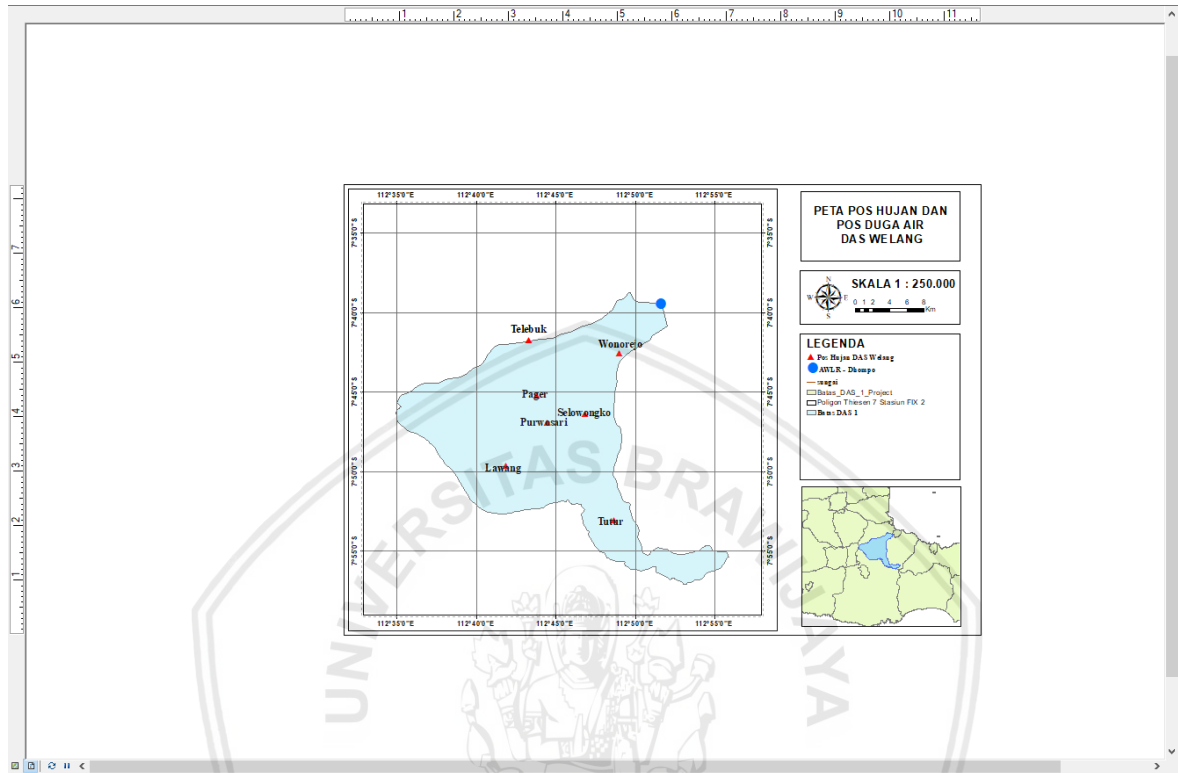
#### 4.3. Analisis Curah Hujan Rerata Wilayah

Analisis curah hujan rerata wilayah digunakan untuk memperoleh satu nilai besaran hujan yang dapat mewakili keseluruhan nilai dalam DAS Welang. Nilai ini pula yang akan digunakan untuk analisis validasi data dengan curah hujan yang merupakan besaran curah hujan wilayah berdasarkan pemindaian satelit penginderaan jauh. Adapun metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen dengan menggunakan bantuan *software ArcGIS 10.5*.

#### 4.3.1. Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (Kr)

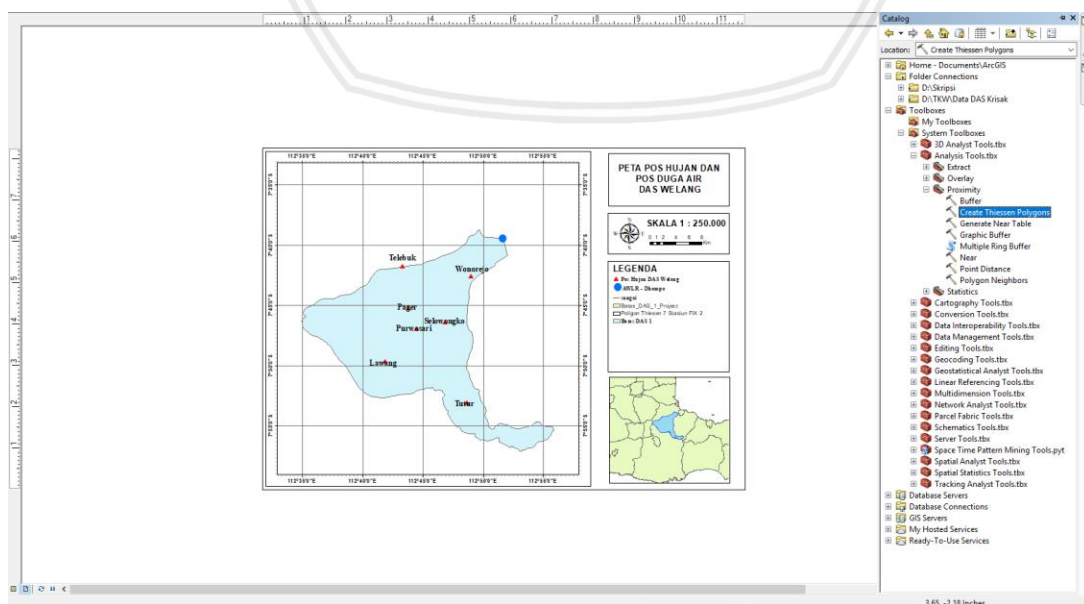
Cara untuk mendapatkan nilai faktor luas pengaruh stasiun hujan dengan menggunakan *ArcGIS* 10.5 adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan batas DAS dan lokasi pos stasiun hujan.



Gambar 4. 3 Hasil *input* batas DAS dan titik pos stasiun hujan Sub DAS Sumber Brantas  
Sumber: Hasil pengolahan *ArcGis*, 2018.

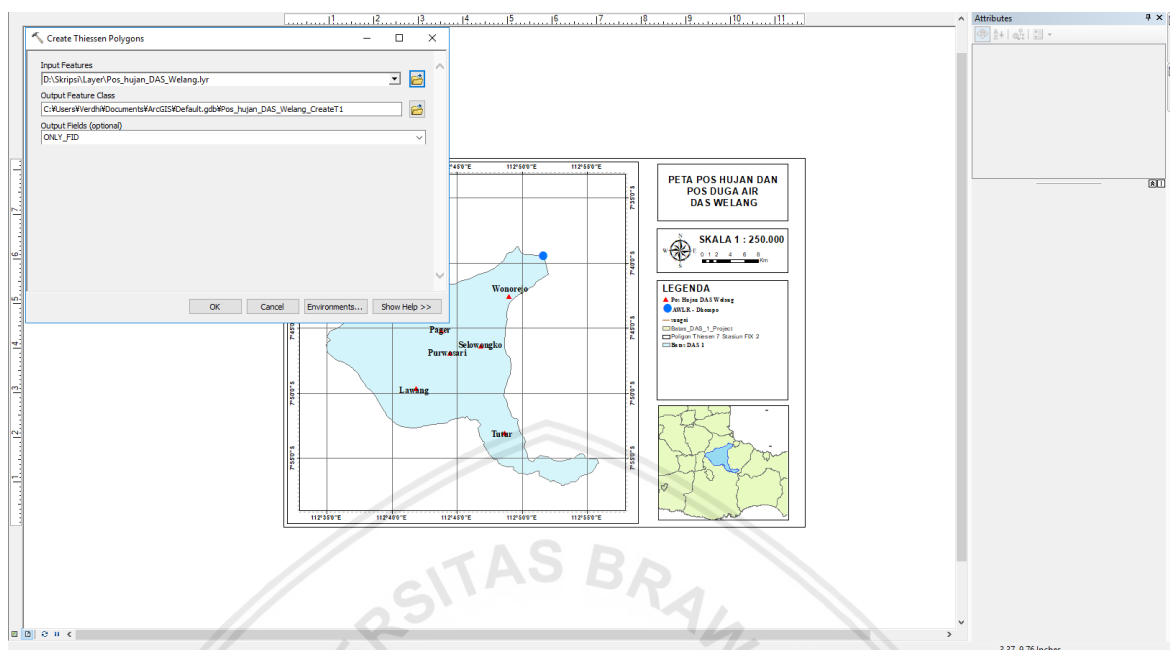
2. Membuat polygon thiessen dengan cara memilih perintah *ArcToolbox – Analysis Tools – Proximity – Create Thiessen Polygons*.



Gambar 4. 4 Pemilihan *tools* untuk membuat Poligon Thiessen.  
Sumber: Hasil pengolahan *ArcGis*, 2018.

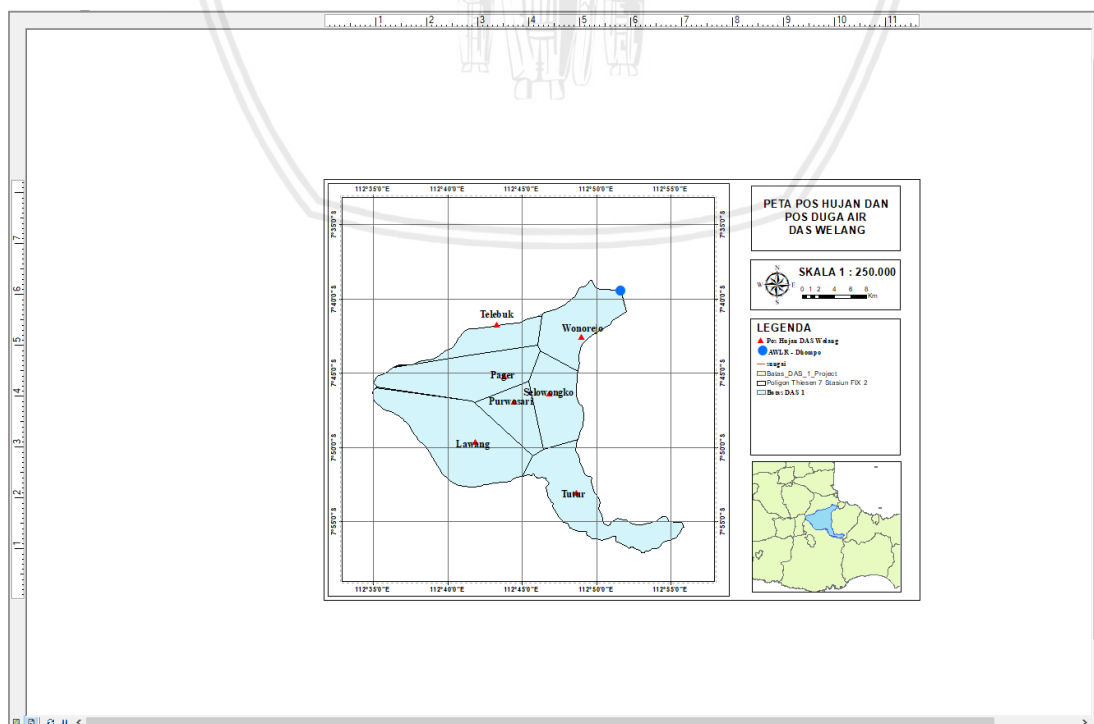


- Memasukkan data lokasi titik stasiun hujan pada kolom *Input Features*, kemudian pilih lokasi penyimpanan hasil pada *Output Features Class*. Lalu klik OK.



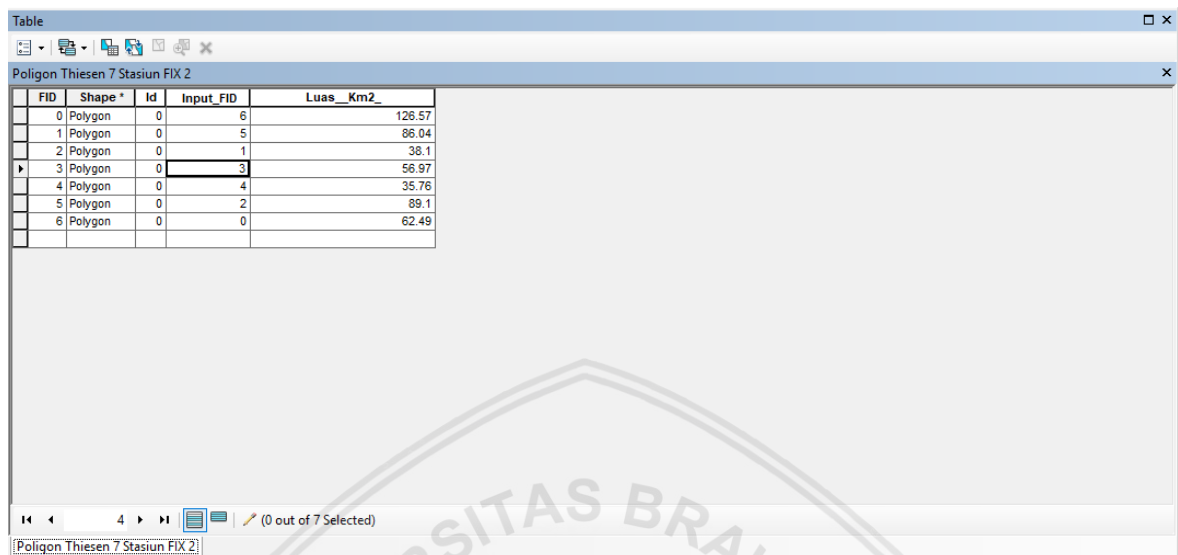
Gambar 4. 5 Proses memasukkan data lokasi pos stasiun hujan.  
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2018.

- Menampilkan hasil polygon thiessen yang telah dibuat oleh ArcGIS 10.4.
- Mencari luasan pengaruh stasiun hujan pada batas Sub DAS Sumber Brantas dengan menggunakan fitur *Clip*. Sehingga diperoleh luas pengaruh tiap stasiun hujan pada DAS.



Gambar 4. 6 Hasil Poligon Thiessen pada Sub DAS.  
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2018.

6. Menampilkan luasan tiap polygon pada *Attribute Table* dengan menambah kolom baru dengan perintah “*Add Field*” dan mengeluarkan nilai tiap poligon dengan perintah “*Calculate Geometry*”.



FID	Shape	Id	Input_FID	Luas_Km2
0	Polygon	0	6	126.57
1	Polygon	0	5	86.04
2	Polygon	0	1	38.1
3	Polygon	0	3	56.97
4	Polygon	0	4	35.76
5	Polygon	0	2	89.1
6	Polygon	0	0	62.49

Gambar 4. 7 Tampilan *Attribute Table* untuk luas pengaruh stasiun hujan.  
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2018.

7. Menghitung luas pengaruh pos stasiun hujan Metode Poligon Thiessen.  
Contoh perhitungan nilai Kr pada Pos Stasiun Hujan Lawang.

$$\begin{aligned}
 K_r &= \frac{\text{Luas pengaruh pos stasiun}}{\text{Total Luas DAS}} \\
 &= \frac{126,57}{495,03} \\
 &= 0,26
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 26

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Kr

No.	Stasiun Hujan	Lokasi		Luas (Km2)	Kr
		Desa	Kecamatan		
1	Lawang	Bamban	Lawang	127	0,26
2	Pager	Sengon	Purwosari	86	0,17
3	Purwosari	Kemirahan	Pasuruan	38	0,08
7	Selowongko	Selowongko	Kejayan	57	0,12
4	Telebuk	Dukuh Mojotunan	Sukorejo	36	0,07
5	Tutur	Nongkojajar	Tutur	89	0,18
6	Wonorejo	Wonorejo	Wonorejo	62	0,13

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.26, diperoleh nilai Kr pada tiap-tiap pos stasiun hujan. Nilai K ini dipengaruhi oleh luas pengaruh tiap pos stasiun hujan pada luasan DAS Welang serta luas

keseluruhan DAS Welang. Hasil perhitungan nilai Kr ini kemudian digunakan untuk menghitung curah hujan rerata wilayah dengan Metode Poligon Thiessen.

#### 4.3.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Wilayah

Berdasarkan nilai Kr yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dapat dihitung curah hujan rerata wilayah berdasarkan periode bulanan dengan Metode Poligon Thiessen.

Tabel 4. 27

Rekapitulasi Hasil Perhitungan CH Rerata Wilayah Periode Bulanan

Tahun	Stasiun Hujan							CH Wilayah (mm)
	Lawang	Pager	Purwosari	Selowongko	Telebuk	Tutur	Wonorejo	
Jan-09	53,8	63,6	23,6	31,8	44,3	50,4	50,7	318,2
Feb-09	63,0	53,3	20,9	38,6	19,3	75,8	33,8	304,7
Mar-09	28,9	52,1	19,1	50,3	19,9	17,5	37,4	225,1
Apr-09	28,7	13,1	9,4	18,0	4,5	17,2	7,1	97,9
May-09	19,5	47,4	10,2	18,0	5,3	43,2	23,2	166,8
Jun-09	10,1	21,3	4,3	4,1	0,3	6,7	2,3	49,1
Jul-09	1,5	0,0	0,0	1,0	0,0	2,5	0,0	5,1
Aug-09	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6
Sep-09	10,7	0,0	2,6	0,0	0,0	8,1	0,0	21,4
Oct-09	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Nov-09	16,0	12,4	4,6	12,5	5,2	37,4	0,0	88,1
Dec-09	54,3	31,9	13,7	14,6	11,7	61,0	7,8	195,0
Jan-10	77,5	74,7	28,4	17,0	40,4	86,9	58,6	383,6
Feb-10	47,9	52,9	22,1	48,0	17,1	101,0	26,4	315,5
Apr-10	71,4	44,5	27,2	77,0	25,6	84,4	14,6	344,8
May-10	61,5	44,8	14,5	30,5	21,9	68,0	28,0	269,3
Jun-10	24,3	23,7	11,2	13,7	8,0	65,1	2,5	148,5
Jul-10	20,4	23,9	12,3	21,1	1,8	24,1	12,2	115,8
Aug-10	25,6	9,8	5,2	13,0	3,0	28,1	16,3	101,1
Sep-10	32,0	35,6	15,1	28,3	6,5	72,7	38,5	228,7
Oct-10	75,3	45,6	11,6	17,7	7,9	95,1	9,5	262,6
Nov-10	88,9	34,7	13,4	18,9	9,8	65,2	15,0	245,9
Dec-10	63,3	65,1	29,0	44,1	25,7	38,0	36,1	301,2
Jan-11	52,1	50,9	30,4	25,9	21,9	89,3	16,7	287,1
Feb-11	39,8	51,2	12,3	9,8	19,7	40,0	9,5	182,3
Mar-11	79,2	77,5	29,7	43,2	34,7	59,7	48,0	372,1
Apr-11	90,4	52,9	32,0	54,9	31,7	52,7	28,8	343,3
May-11	38,7	19,2	13,5	31,9	9,2	46,1	1,3	160,0
Jun-11	6,1	16,8	5,6	0,0	3,2	0,0	0,0	31,7
Jul-11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug-11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep-11	4,2	1,5	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
Oct-11	12,3	8,3	2,2	0,0	0,0	17,5	0,0	40,3
Dec-11	69,2	59,8	25,0	53,3	23,7	77,7	28,8	337,5
Jan-12	58,0	64,0	23,0	48,5	27,6	65,5	47,6	334,3
Feb-12	139,2	72,2	31,7	66,0	16,3	66,6	14,1	406,1
Mar-12	28,7	42,7	16,9	20,9	21,3	48,0	25,9	204,4
Apr-12	43,6	19,2	11,9	5,1	7,3	37,7	8,2	133,0

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan CH Rerata Wilayah Periode Bulanan

Tahun	Stasiun Hujan							CH Wilayah (mm)
	Lawang	Pager	Purwosari	Selowongko	Telebuk	Tutur	Wonorejo	
May-12	22,1	23,6	6,7	0,0	6,0	12,4	3,5	74,3
Jun-12	12,7	2,7	1,4	0,0	0,8	3,3	0,0	20,9
Jul-12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug-12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep-12	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
Oct-12	2,4	5,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
Nov-12	68,1	11,9	2,8	7,7	5,5	37,5	5,8	139,4
Dec-12	107,5	37,3	18,8	53,2	19,8	56,8	26,3	319,5
Jan-13	60,4	64,8	16,9	32,1	27,6	66,6	25,1	293,6
Feb-13	56,9	50,4	21,3	29,3	21,4	72,2	21,7	273,4
Mar-13	106,2	66,4	30,7	45,1	21,4	51,0	21,1	341,8
Apr-13	78,1	38,7	14,5	30,4	8,9	46,8	10,6	228,0
May-13	40,1	27,9	12,3	33,1	11,4	11,6	17,9	154,3
Jun-13	67,2	60,3	27,7	37,2	21,4	19,2	37,0	270,0
Jul-13	46,2	16,8	9,9	10,8	8,0	13,1	6,1	110,8
Aug-13	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
Sep-13	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Oct-13	30,6	0,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2
Nov-13	84,9	34,3	17,6	14,8	12,5	57,7	35,0	256,7
Dec-13	88,9	73,5	35,5	50,4	21,7	76,3	29,9	376,3
Jan-14	80,1	53,2	25,6	30,9	21,7	57,4	35,2	304,0
Feb-14	60,9	54,5	19,7	20,6	21,7	38,9	24,9	241,2
Mar-14	53,4	33,7	12,6	47,0	15,8	41,9	17,0	221,5
Apr-14	96,7	45,9	14,0	21,8	9,2	20,6	15,7	223,9
May-14	20,4	10,6	9,8	6,5	2,5	28,8	6,2	84,8
Jun-14	14,2	9,2	1,5	0,0	6,4	14,5	4,3	50,1
Jul-14	4,2	5,0	0,4	6,5	2,1	3,8	8,0	29,9
Aug-14	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Sep-14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oct-14	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5
Nov-14	25,0	5,7	2,7	0,0	0,7	32,2	3,2	69,5
Dec-14	89,5	74,4	34,1	56,3	21,7	81,9	36,6	394,6
Jan-15	95,4	55,1	23,2	11,7	21,7	38,5	26,5	272,1
Feb-15	109,9	87,6	30,5	31,0	21,7	83,2	48,3	412,3
Mar-15	117,3	46,8	20,8	33,5	15,8	71,8	23,7	329,7
Apr-15	46,0	44,2	20,2	14,9	9,2	54,1	21,7	210,4
May-15	46,6	18,3	11,9	0,0	2,5	20,5	0,0	99,9
Jun-15	2,6	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	9,0
Jul-15	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	2,1
Aug-15	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Sep-15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oct-15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov-15	5,9	11,6	2,6	0,0	0,7	16,4	0,0	37,3
Dec-15	49,0	69,8	18,4	42,0	21,7	8,1	23,5	232,5
Jan-16	106,4	43,3	21,7	76,2	17,1	62,4	30,5	357,7
Feb-16	185,2	89,4	43,3	61,1	40,2	94,8	52,0	565,9

Lanjutan Tabel 4.27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan CH Rerata Wilayah Periode Bulanan

Tahun	Stasiun Hujan							CH Wilayah (mm)
	Lawang	Pager	Purwosari	Selowongko	Telebuk	Tutur	Wonorejo	
Mar-16	69,8	29,7	16,1	50,3	12,5	77,6	27,6	283,6
Apr-16	54,7	34,4	17,5	25,4	12,7	89,0	21,1	254,8
May-16	34,1	27,0	17,6	24,0	9,0	50,8	9,1	171,7
Jun-16	58,4	35,8	17,4	5,7	14,4	68,8	24,2	224,7
Jul-16	15,8	8,8	6,2	1,0	2,9	18,3	8,0	60,9
Aug-16	48,6	10,1	4,5	0,0	0,2	0,0	0,0	63,4
Sep-16	9,4	6,2	2,6	0,0	1,1	0,0	0,0	19,2
Oct-16	64,8	35,2	21,2	0,0	16,3	6,4	21,7	165,6
Nov-16	57,6	36,2	20,7	18,6	12,2	37,1	12,0	194,4
Dec-16	68,7	58,4	30,5	21,8	18,9	52,7	29,2	280,2
Jan-17	167,0	84,0	49,2	84,4	45,3	58,5	62,7	551,1
Feb-17	100,0	64,3	35,7	68,4	29,3	46,0	34,3	378,1
Mar-17	105,3	57,4	24,8	52,7	31,4	32,1	27,3	330,8
Apr-17	87,3	43,3	28,0	32,8	13,0	44,3	4,5	253,2
May-17	24,7	14,6	7,7	0,0	3,9	27,7	0,8	79,4
Jun-17	11,6	18,3	6,8	0,0	3,3	6,4	2,1	48,5
Jul-17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aug-17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sep-17	4,4	1,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	6,0
Oct-17	22,5	7,2	0,5	0,0	1,7	0,0	0,0	32,0
Nov-17	104,8	85,2	45,8	107,9	18,8	52,7	48,5	463,7
Dec-17	80,8	64,3	26,5	47,7	0,0	0,0	18,6	237,8
Jan-18	61,3	59,5	37,1	79,1	28,3	79,0	41,7	385,9
Feb-18	104,0	67,8	32,4	72,7	25,9	78,7	49,0	430,5
Mar-18	54,5	73,2	18,8	50,8	17,3	61,8	32,2	308,6
Apr-18	21,9	15,3	9,6	18,5	6,2	29,2	5,0	105,7
May-18	24,3	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	30,1
Jun-18	15,8	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	2,8	25,7
Jul-18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	1,1
Aug-18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
Sep-18	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8
Oct-18	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3
Nov-18	34,4	36,7	15,6	19,9	6,5	51,3	5,7	170,1
Dec-18	64,6	44,5	16,2	40,0	9,8	34,6	12,0	221,6
Jumlah	5.381	3.688	1.621	2.644	1.319	4.124	1.814	20.593

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Adapun contoh perhitungan menggunakan data curah hujan pos stasiun periode bulanan, dengan data kumulatif bulanan pada Bulan Januari 2009 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R &= (X_1 Kr_1) + (X_2 Kr_2) + (X_3 Kr_3) + (X_4 Kr_4) + (X_5 Kr_5) + (X_6 Kr_6) + (X_7 Kr_7) \\
 &= (211 \times 0,26) + (366 \times 0,17) + (307 \times 0,08) + (276 \times 0,12) + (613 \times 0,07) + \\
 &\quad (280 \times 0,18) + (402 \times 0,13) \\
 &= 318 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.27, dapat dilihat bahwa Hasil perhitungan curah hujan kumulatif bulanan rerata daerah untuk periode bulanan, didapatkan dari hasil perkalian antara curah hujan setiap stasiun dengan luas pengaruh yang sudah didapatkan pada tabel 4.26, menghasilkan curah hujan wilayah dengan nilai tertinggi pada bulan Febuari 2016 yaitu sebesar 565,9 mm dan termasuk dalam curah hujan ekstrim (melebihi 500 mm). Perhitungan ini juga dilakukan dengan rerata bulanan yang dapat dilihat pada Lampiran 6. Data curah hujan wilayah ini kemudian akan digunakan pada tahap selanjutnya yaitu Perhitungan Koefisien Pelimpah.

#### 4.4. Pengolahan Data Temperatur Udara

##### 4.4.1. Metode Blaney-Criddle

Data temperature udara diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dari stasiun Tretes tahun 2009 – 2018.

Tabel 4. 28

Rekapitulasi Data Temperatur Udara Stasiun Tretes

Tahun	Satuan	Suhu Rata-rata Bulanan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
2009	C°	21,1	21,3	21,3	22,2	21,7	21,2	21,1	21,1	22,9	23,8	23,3	22,3
2010	C°	21,3	21,7	21,9	21,8	22,7	22,2	22,4	22,0	22,3	22,2	22,3	21,5
2011	C°	21,6	21,6	21,1	21,5	21,7	20,8	20,6	20,9	21,8	23,0	22,4	21,9
2012	C°	21,3	21,4	21,6	22,0	21,8	20,8	20,6	20,6	22,4	23,4	23,6	22,1
2013	C°	24,0	24,1	23,9	24,1	24,0	23,7	22,5	21,9	22,7	24,4	22,4	21,0
2014	C°	21,8	21,4	21,0	20,9	22,1	22,2	21,3	21,1	21,8	23,8	23,5	22,1
2015	C°	21,8	21,6	21,9	22,1	22,2	21,9	21,1	20,7	22,3	23,8	24,0	22,6
2016	C°	22,5	21,7	22,6	22,8	22,9	22,4	21,5	21,3	24,6	22,5	23,0	24,2
2017	C°	24,0	24,4	22,1	22,5	22,4	21,8	21,3	21,3	22,8	23,0	22,0	21,7
2018	C°	21,6	21,1	21,3	22,5	22,4	21,7	20,7	20,7	22,6	22,9	22,8	22,2

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan Tabel 4.28, Faktor p yang akan digunakan dalam perhitungan  $ET_0$  metode Blaney-Criddle untuk lokasi Stasiun Tretes berada pada  $7,7^\circ$  Lintang Selatan, maka dari hasil interpolasi didapat nilai p pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 29

Hasil Perhitungan Nilai p di Stasiun Tretes

Lintang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
5,0 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
2,5 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2,5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
7,5 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29
<b>7,7 Selatan</b>	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>
10 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Dengan menggunakan p yang didapat dari tabel 4.29, maka diperoleh nilai faktor kebutuhan tanaman untuk bulan Januari sebagai berikut

$$\begin{aligned} ET_0^* &= p (0,46 * t + 8,13) \\ &= 0,29 (0,46 * 21,1 + 8,13) \\ &= 5,15 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya akan direkap pada tabel 4.30

Tabel 4. 30

Hasil Perhitungan Nilai Faktor Kebutuhan Air Tanaman  $ET_0^*$

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
mm/hari												
2009	5,15	5,00	5,00	5,10	4,86	4,80	4,78	4,80	5,19	5,32	5,26	5,31
2010	5,19	5,05	5,08	5,06	4,98	4,92	4,94	4,91	5,11	5,12	5,13	5,21
2011	5,22	5,04	4,97	5,01	4,86	4,75	4,73	4,78	5,06	5,22	5,14	5,26
2012	5,18	5,01	5,04	5,08	4,87	4,75	4,72	4,74	5,13	5,27	5,29	5,28
2013	5,53	5,36	5,34	5,35	5,14	5,10	4,95	4,90	5,17	5,40	5,14	5,14
2014	5,25	5,01	4,96	4,94	4,91	4,92	4,81	4,80	5,05	5,32	5,28	5,29
2015	5,25	5,04	5,07	5,09	4,92	4,89	4,78	4,75	5,12	5,32	5,35	5,35
2016	5,33	5,06	5,17	5,18	5,00	4,94	4,84	4,83	5,40	5,16	5,22	5,57
2017	5,53	5,40	5,10	5,14	4,94	4,88	4,80	4,82	5,18	5,22	5,09	5,23
2018	5,22	4,97	5,00	5,14	4,95	4,86	4,73	4,74	5,15	5,21	5,19	5,30

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4. 31

Angka Koreksi (C) Menurut Blaney Criddle

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
(C)	0,80	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80

Sumber: Montarcih L, 2010 : 23

Dengan menggunakan angka koreksi pada tabel 4.31, maka diperoleh nilai Evapotranspirasi untuk bulan Januari dengan mengalikan terhadap tabel 4.30 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} ET_0 &= c * (p (0,457 * t + 8,13)) \\ &= 0,8 * 5,149 \\ &= 4,119 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4. 32

Rekapitulasi Perhitungan  $ET_0$

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
mm/hari												
2009	4,12	4,00	3,75	3,57	3,40	3,36	3,35	3,60	4,15	4,26	4,21	4,25
2010	4,15	4,04	3,81	3,54	3,49	3,44	3,46	3,68	4,09	4,10	4,10	4,17
2011	4,18	4,03	3,73	3,51	3,40	3,32	3,31	3,58	4,05	4,18	4,11	4,21
2012	4,14	4,01	3,78	3,55	3,41	3,33	3,31	3,55	4,10	4,22	4,23	4,22
2013	4,43	4,29	4,00	3,74	3,60	3,57	3,47	3,67	4,14	4,32	4,11	4,11
2014	4,20	4,01	3,72	3,46	3,44	3,44	3,37	3,60	4,04	4,25	4,23	4,23
2015	4,20	4,03	3,81	3,56	3,44	3,42	3,35	3,57	4,09	4,26	4,28	4,28
2016	4,27	4,05	3,87	3,63	3,50	3,46	3,39	3,62	4,32	4,12	4,18	4,46



Lanjutan Tabel 4.32 Rekapitulasi Perhitungan  $ET_0$ 

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
	mm/hari											
2017	4,43	4,32	3,83	3,60	3,46	3,41	3,36	3,62	4,14	4,18	4,08	4,19
2018	4,18	3,98	3,75	3,60	3,46	3,40	3,31	3,56	4,12	4,17	4,16	4,24

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

#### 4.5. Pengolahan Data Koefisien Aliran

Koefisien aliran dapat diperoleh dari perhitungan debit tahunan, curah hujan tahunan, dan luas DAS. Cara perhitungan sederhana untuk menentukan besarnya koefisien air larian (Asdak, 2010, p. 158) :

Tabel 4. 33

Nilai Volume Air Larian Tahun 2009

Bulan	Debit rata-rata Q ( $m^3/dt$ )	Jumlah hari (d)	Volume Air Larian
Januari	29,47	31	78.939.360
Februari	23,15	28	56.011.392
Maret	4,59	31	12.299.904
April	2,24	30	5.821.632
Mei	4,30	31	11.520.576
Juni	2,95	30	7.649.856
Juli	0,37	31	997.056
Agustus	0,32	31	874.368
September	0,38	30	991.008
Oktober	0,39	31	1.050.624
November	0,70	30	1.823.040
Desember	1,21	31	3.247.776
Jumlah			18.126.592

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan tabel 4.33, didapat nilai Volume Air Larian dengan mengkalikan debit rata-rata pada stasiun AWLR dengan jumlah hari pada bulan tersebut, kemudian mengkonversi satuan menjadi juta  $m^3$ .

Tabel 4. 34

Nilai Volume Curah Hujan 2009

Tahun	Curah hujan rata-rata (mm)	Volum curah hujan ( $10^6 m^3$ )
Januari	318,19	157,51
Februari	304,74	150,85
Maret	225,08	111,42
April	97,88	48,46
Mei	166,80	82,57
Juni	49,09	24,30
Juli	5,05	2,50
Agustus	6,57	3,25
September	21,43	10,61
Oktober	5,03	2,49
November	88,10	43,61

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan tabel 4.34, didapat nilai Volume curah hujan dengan mengkalikan curah hujan daerah yang didapat pada tabel 4.27, kemudian satuan dikonversikan menjadi juta m<sup>3</sup>.

Tabel 4. 35  
Nilai Koefisien Aliran

Tahun	Curah hujan rata-rata (mm/tahun)	Volum curah hujan (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Volume air larian (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Volume ET - L (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Koefisien air larian C	Aliran mantap (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /s)
2009	1.482	734	181	552	<b>0,25</b>	45,31
2010	3.080	1.524	281	1.243	<b>0,18</b>	70,44
2011	2.077	1.028	303	725	<b>0,29</b>	75,74
2012	1.644	814	177	636	<b>0,22</b>	44,39
2013	2.342	1.159	220	939	<b>0,19</b>	55,13
2014	1.633	808	192	615	<b>0,24</b>	48,17
2015	1.606	795	208	586	<b>0,26</b>	52,13
2016	2.642	1.307	497	810	<b>0,38</b>	124,39
2017	2.380	1.178	333	844	<b>0,28</b>	83,43
2018	1.703	843	288	554	<b>0,34</b>	72,17

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Contoh Perhitungan :

Volume Hujan Larian = 734.1 x 10<sup>6</sup> mm

Volume air larian = 181.2 x 10<sup>6</sup> mm

$$C = \frac{\text{Volume Hujan Larian}}{\text{Volume Curah Hujan}}$$

$$= \frac{181,2 \times 10^6}{734,1 \times 10^6}$$

$$= 0,25$$

Berdasarkan tabel 4.35, didapat nilai koefisien air larian atau koefisien limpasan dengan nilai antara 0,18 hingga 0,38, yang berarti sebagian besar air hujan yang jatuh tidak langsung menuju ke sungai.

#### 4.6. Pengolahan Data Matlab R2017A

Dari pengolahan data curah hujan, ET<sub>0</sub>, dan koefisien aliran akan dijadikan data *Input* dan data debit yang akan dijadikan data debit.

*Software* Matlab R2017a merupakan suatu program komputasi berbasis matriks. Dalam studi ini, *software* ini digunakan untuk memodelkan data diatas untuk memperoleh debit model.

Langkah-langkah yang dilakukan pada studi ini adalah :

1. Menyimpan data *Input* dan *Target* dalam *workspace software* Matlab R2017a. Tipe *file* yang dapat digunakan oleh Matlab adalah *.exe*, *.dat*, *.mat*, *.txt*, *.tab*, dalam studi ini tipe

*file* yang digunakan adalah *.mat*. Dalam pembuatan *file .mat* ini, lebih mudah jika sebelumnya data *input* dan *target* dibuat dalam program *Microsoft excel*. Data-data disusun secara horizontal.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	Jan-09	Feb-09	Mar-09	Apr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Aug-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dec-09	Jan-10	Feb-10	Mar-10	Apr-10	May-10	Jun-10	Jul-10	Aug-10	Sep-10	Oct-10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Jumlah Hari H	20,0	17,0	12,0	6,0	11,0	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	11,0	19,0	17,0	18,0	21,0	13,0	8,0	6,0	6,0	11,0	1
Koefisien Laria	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0
Curah Hujan	318,19	304,74	225,08	97,88	166,80	49,09	5,05	6,57	21,43	5,03	88,10	194,96	383,62	315,45	363,19	344,76	269,31	148,49	115,77	101,14	228,73	262
Eto	4,119	3,996	3,752	3,567	3,400	3,360	3,347	3,601	4,151	4,260	4,209	4,252	4,149	4,038	3,811	3,540	3,489	3,443	3,460	3,683	4,091	4,0
Debit	913,650	648,280	142,360	67,380	133,340	88,540	11,540	10,120	11,470	12,160	21,100	37,590	548,500	539,070	320,660	368,480	583,560	119,500	135,620	31,450	137,450	114,47
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	Nov-10	Dec-10	Jan-11	Feb-11	Mar-11	Apr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Oct-11	Nov-11	Dec-11	Jan-12	Feb-12	Mar-12	Apr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Aug-12
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Jumlah Hari H	11,0	15,0	18,0	15,0	20,0	18,0	9,0	2,0	0,0	0,0	1,0	2,0	14,0	17,0	19,0	18,0	15,0	8,0	5,0	2,0	0,0	0,0
Koefisien Laria	0,18	0,18	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Curah Hujan	245,93	301,21	287,07	182,33	372,09	343,35	159,96	31,71	0,00	0,00	7,59	40,26	315,84	337,52	334,27	406,12	204,39	132,98	74,26	20,92	0,00	0,00
Eto	4,105	4,167	4,175	4,031	3,727	3,507	3,400	3,323	3,309	3,581	4,045	4,178	4,112	4,209	4,142	4,007	3,780	3,554	3,410	3,327	3,306	3,555
Debit	108,760	253,820	484,370	348,240	693,070	631,520	480,300	122,540	103,220	50,260	41,770	36,790	169,510	345,060	348,349	482,648	279,636	185,500	173,986	97,571	57,236	50,568
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	6
	DATA ASLI																					
	Sep-12	Oct-12	Nov-12	Dec-12	Jan-13	Feb-13	Mar-13	Apr-13	May-13	Jun-13	Jul-13	Aug-13	Sep-13	Oct-13	Nov-13	Dec-13	Jan-14	Feb-14	Mar-14	Apr-14	May-14	Jun
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
Jumlah Hari H	1,0	1,0	8,0	15,0	18,0	13,0	17,0	12,0	8,0	14,0	6,0	1,0	1,0	2,0	11,0	18,0	17,0	13,0	12,0	10,0	5,0	
Koefisien Laria	0,22	0,22	0,22	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	
Curah Hujan	3,72	9,15	139,35	319,54	293,60	273,39	341,84	227,98	154,29	270,00	110,85	2,85	1,31	33,22	256,72	376,25	304,05	241,21	221,52	223,92	84,79	5
Eto	4,103	4,218	4,235	4,224	4,426	4,289	4,002	3,744	3,600	3,570	3,465	3,672	4,137	4,322	4,110	4,113	4,199	4,007	3,720	3,457	3,435	3
Debit	44,711	38,668	78,501	217,534	270,470	197,330	208,450	290,260	191,470	379,690	220,410	94,020	49,360	54,300	187,780	408,740	407,140	348,650	315,040	316,810	202,510	109
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	Jun-14	Jul-14	Aug-14	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dec-14	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	Jan-16	Feb-16	M
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Jumlah Hari H	3,0	3,0	1,0	0,0	1,0	5,0	19,0	15,0	15,0	16,0	10,0	4,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	3,0	11,0	15,0	22,0	
Koefisien Laria	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,38	0,38	
Curah Hujan	50,15	29,90	5,03	0,00	8,54	69,50	394,56	272,11	412,29	329,74	210,39	99,87	9,03	2,05	0,88	0,00	0,00	37,27	232,48	357,67	565,88	
Eto	3,441	3,365	3,599	4,041	4,252	4,226	4,230	4,200	4,029	3,806	3,561	3,442	3,421	3,347	3,566	4,094	4,260	4,279	4,283	4,266	4,047	
Debit	109,880	80,510	59,300	39,870	39,140	54,870	256,440	500,080	546,470	439,190	289,670	197,880	35,370	13,600	15,810	11,800	10,720	24,380	328,510	669,925	989,904	63

Gambar 4. 8 Tampilan Data Asli pada Microsoft Excel.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Adapun rekapitulasi data yang akan dimasukkan kedalam matlab R2017a dapat dilihat dalam tabel 4.36 dibawah ini:

Tabel 4. 36

Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target.

Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2009	Januari	1	20	0,25	318	4,12	914
	Februari	2	17	0,25	305	4,00	648
	Maret	3	12	0,25	225	3,75	142
	April	4	6	0,25	98	3,57	67
	Mei	5	11	0,25	167	3,40	133
	Juni	6	4	0,25	49	3,36	89
	Juli	7	1	0,25	5	3,35	12
	Agustus	8	1	0,25	7	3,60	10
	September	9	1	0,25	21	4,15	11
	Oktober	10	1	0,25	5	4,26	12
	November	11	6	0,25	88	4,21	21
	Desember	12	11	0,25	195	4,25	38
2010	Januari	13	19	0,18	384	4,15	549
	Februari	14	17	0,18	315	4,04	539
	Maret	15	18	0,18	363	3,81	321
	April	16	21	0,18	345	3,54	368
	Mei	17	13	0,18	269	3,49	584
	Juni	18	8	0,18	148	3,44	120
	Juli	19	6	0,18	116	3,46	136
	Agustus	20	6	0,18	101	3,68	31
	September	21	11	0,18	229	4,09	137
2011	Oktober	22	11	0,18	263	4,10	114
	November	23	11	0,18	246	4,10	109
	Desember	24	15	0,18	301	4,17	254
	Januari	25	18	0,29	287	4,18	484
	Februari	26	15	0,29	182	4,03	348
	Maret	27	20	0,29	372	3,73	693
	April	28	18	0,29	343	3,51	632
	Mei	29	9	0,29	160	3,40	480
	Juni	30	2	0,29	32	3,32	123
	Juli	31	0	0,29	0	3,31	103
	Agustus	32	0	0,29	0	3,58	50
	September	33	1	0,29	8	4,05	42
	Oktober	34	2	0,29	40	4,18	37
	November	35	14	0,29	316	4,11	170
	Desember	36	17	0,29	338	4,21	345
2012	Januari	37	19	0,22	334	4,14	348
	Februari	38	18	0,22	406	4,01	483
	Maret	39	15	0,22	204	3,78	280
	April	40	8	0,22	133	3,55	185
	Mei	41	5	0,22	74	3,41	174
	Juni	42	2	0,22	21	3,33	98
	Juli	43	0	0,22	0	3,31	57
	Agustus	44	0	0,22	0	3,55	51
	September	45	1	0,22	4	4,10	45
	Oktober	46	1	0,22	9	4,22	39
	November	47	8	0,22	139	4,23	79

Lanjutan Tabel 4. 36 Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target.

Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2012	Desember	48	15	0,22	320	4,22	218
	Januari	49	18	0,19	294	4,43	270
	Februari	50	13	0,19	273	4,29	197
	Maret	51	17	0,19	342	4,00	208
	April	52	12	0,19	228	3,74	290
	Mei	53	8	0,19	154	3,60	191
	Juni	54	14	0,19	270	3,57	380
	Juli	55	6	0,19	111	3,47	220
	Agustus	56	1	0,19	3	3,67	94
	September	57	1	0,19	1	4,14	49
	Oktober	58	2	0,19	33	4,32	54
	November	59	11	0,19	257	4,11	188
2013	Desember	60	18	0,19	376	4,11	409
	Januari	61	17	0,24	304	4,20	407
	Februari	62	13	0,24	241	4,01	349
	Maret	63	12	0,24	222	3,72	315
	April	64	10	0,24	224	3,46	317
	Mei	65	5	0,24	85	3,44	203
	Juni	66	3	0,24	50	3,44	110
	Juli	67	3	0,24	30	3,37	81
	Agustus	68	1	0,24	5	3,60	59
	September	69	0	0,24	0	4,04	40
	Oktober	70	1	0,24	9	4,25	39
	November	71	5	0,24	70	4,23	55
2014	Desember	72	19	0,24	395	4,23	256
	Januari	73	15	0,26	272	4,20	500
	Februari	74	15	0,26	412	4,03	546
	Maret	75	16	0,26	330	3,81	439
	April	76	10	0,26	210	3,56	290
	Mei	77	4	0,26	100	3,44	198
	Juni	78	1	0,26	9	3,42	35
	Juli	79	1	0,26	2	3,35	14
	Agustus	80	1	0,26	1	3,57	16
	September	81	0	0,26	0	4,09	12
	Oktober	82	0	0,26	0	4,26	11
	November	83	3	0,26	37	4,28	24
2015	Desember	84	11	0,26	232	4,28	329
	Januari	85	15	0,38	358	4,27	670
	Februari	86	22	0,38	566	4,05	990
	Maret	87	14	0,38	284	3,87	634
	April	88	11	0,38	255	3,63	1.103
	Mei	89	9	0,38	172	3,50	316
	Juni	90	9	0,38	225	3,46	715
	Juli	91	7	0,38	61	3,39	213
	Agustus	92	2	0,38	63	3,62	124
	September	93	2	0,38	19	4,32	9
	September	93	2	0,38	19	4,32	9
	Oktober	94	8	0,38	166	4,12	267
2016	November	95	8	0,38	194	4,18	283
	Desember	96	15	0,38	280	4,46	434



Lanjutan Tabel 4. 36 Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target.

Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2017	Januari	97	20	0,28	551	4,43	658
	Februari	98	16	0,28	378	4,32	511
	Maret	99	15	0,28	331	3,83	536
	April	100	11	0,28	253	3,60	491
	Mei	101	4	0,28	79	3,46	243
	Juni	102	3	0,28	49	3,41	208
	Juli	103	0	0,28	0	3,36	129
	Agustus	104	0	0,28	0	3,62	84
	September	105	1	0,28	6	4,14	45
	Oktober	106	2	0,28	32	4,18	60
	November	107	16	0,28	464	4,08	470
	Desember	108	10	0,28	238	4,19	428
2018	Januari	109	19	0,34	386	4,18	656
	Februari	110	20	0,34	430	3,98	1.082
	Maret	111	15	0,34	309	3,75	763
	April	112	7	0,34	106	3,60	347
	Mei	113	2	0,34	30	3,46	82
	Juni	114	1	0,34	26	3,40	76
	Juli	115	1	0,34	1	3,31	20
	Agustus	116	1	0,34	0	3,56	15
	September	117	1	0,34	9	4,12	10
	Oktober	118	1	0,34	15	4,17	27
	November	119	8	0,34	170	4,16	101
	Desember	120	13	0,34	222	4,24	161

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

2. Berdasarkan tabel 4.36 yang merupakan rekapitulasi data, kemudian data di transformasi atau praprosesing data terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar data yang dimiliki dapat sesuai dengan standart yang dimiliki oleh software komputasi, dampak yang didapat seperti hasil yang lebih akurat dan proses bisa lebih cepat. Dalam beberapa hal, praprosesing bisa membuat data lebih kecil tanpa merubah informasi yang dikandung. Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan sebelum menerapkan suatu metode, antara lain adalah normalisasi atau scaling, yaitu suatu prosedur mengubah data sehingga berada dalam skala tertentu (Santosa 2007). Skala ini antara lain (0,1), (-1,1) atau skala lainnya. Dalam studi kali ini skala yang digunakan adalah 0 dan 1 (*Sigmoid*), dikarenakan hasil yang diinginkan adalah angka positif, yaitu menggunakan Batas Bawah (BB) 0,1, dan Batas Atas (BA) 0,9, alasan digunakan 0,1 dan 0,9 adalah, karena *Sigmoid* tidak bisa menghasilkan angka 0 dan 1 (Tom Mitchel 1997:115). Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} * (BA - BB) + BB$$



Dengan keterangan:

$X'$  = Data transformasi

$X$  = Data asli

$X_{min}$  = Data asli angka terkecil

$X_{max}$  = Data asli angka terbesar

BA = Batas atas

BB = Batas bawah

Tabel 4. 37

Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target Tertransformasi.

Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2009	Januari	1	0,83	0,38	0,55	0,67	0,76
	Februari	2	0,72	0,38	0,53	0,58	0,57
	Maret	3	0,54	0,38	0,42	0,41	0,20
	April	4	0,32	0,38	0,24	0,28	0,14
	Mei	5	0,50	0,38	0,34	0,17	0,19
	Juni	6	0,25	0,38	0,17	0,14	0,16
	Juli	7	0,14	0,38	0,11	0,13	0,10
	Agustus	8	0,14	0,38	0,11	0,31	0,10
	September	9	0,14	0,38	0,13	0,69	0,10
	Oktober	10	0,14	0,38	0,11	0,76	0,10
	November	11	0,32	0,38	0,22	0,73	0,11
	Desember	12	0,50	0,38	0,38	0,76	0,12
2010	Januari	13	0,79	0,10	0,64	0,69	0,49
	Februari	14	0,72	0,10	0,55	0,61	0,49
	Maret	15	0,75	0,10	0,61	0,45	0,33
	April	16	0,86	0,10	0,59	0,26	0,36
	Mei	17	0,57	0,10	0,48	0,23	0,52
	Juni	18	0,39	0,10	0,31	0,20	0,18
	Juli	19	0,32	0,10	0,26	0,21	0,19
	Agustus	20	0,32	0,10	0,24	0,36	0,12
	September	21	0,50	0,10	0,42	0,65	0,19
	Oktober	22	0,50	0,10	0,47	0,65	0,18
	November	23	0,50	0,10	0,45	0,66	0,17
	Desember	24	0,65	0,10	0,53	0,70	0,28
2011	Januari	25	0,75	0,54	0,51	0,71	0,45
	Februari	26	0,65	0,54	0,36	0,60	0,35
	Maret	27	0,83	0,54	0,63	0,39	0,60
	April	28	0,75	0,54	0,59	0,24	0,56
	Mei	29	0,43	0,54	0,33	0,17	0,44
	Juni	30	0,17	0,54	0,14	0,11	0,18
	Juli	31	0,10	0,54	0,10	0,10	0,17
	Agustus	32	0,10	0,54	0,10	0,29	0,13
	September	33	0,14	0,54	0,11	0,61	0,12
	Oktober	34	0,17	0,54	0,16	0,71	0,12
	November	35	0,61	0,54	0,55	0,66	0,22
	Desember	36	0,72	0,54	0,58	0,73	0,35
2012	Januari	37	0,79	0,26	0,57	0,68	0,35
	Februari	38	0,75	0,26	0,67	0,59	0,45
	Maret	39	0,65	0,26	0,39	0,43	0,30

Lanjutan Tabel 4. 37 Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target.

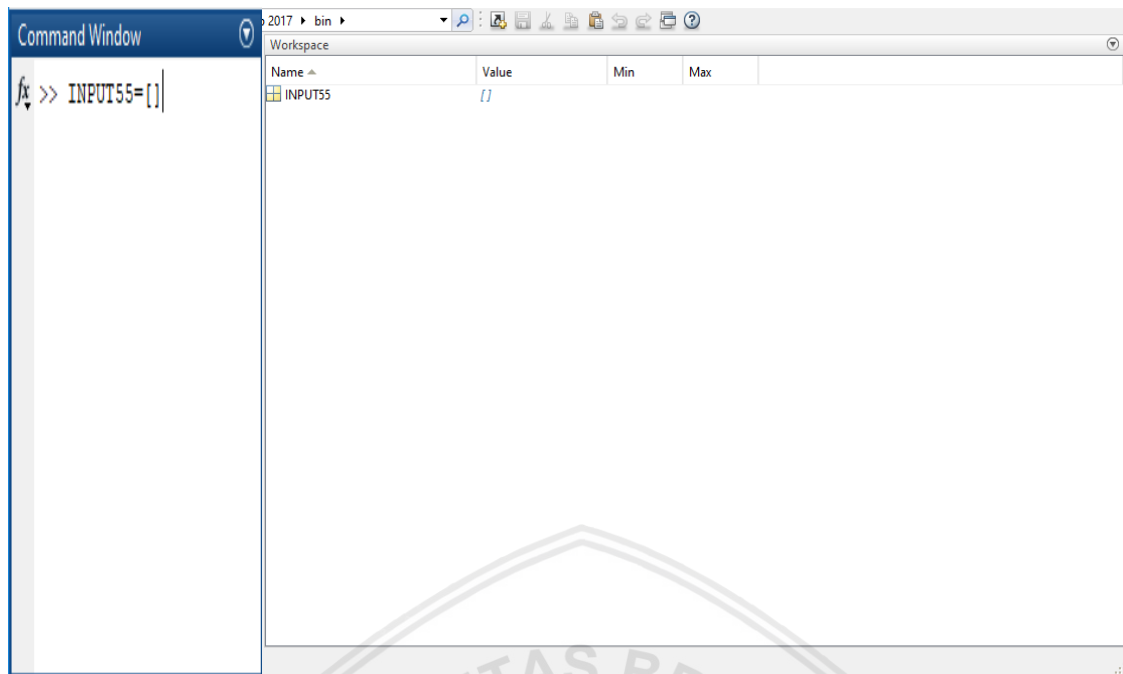
Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2012	April	40	0,39	0,26	0,29	0,27	0,23
	Mei	41	0,28	0,26	0,20	0,17	0,22
	Juni	42	0,17	0,26	0,13	0,11	0,16
	Juli	43	0,10	0,26	0,10	0,10	0,14
	Agustus	44	0,10	0,26	0,10	0,27	0,13
	September	45	0,14	0,26	0,11	0,66	0,13
	Oktober	46	0,14	0,26	0,11	0,73	0,12
	November	47	0,39	0,26	0,30	0,75	0,15
2013	Desember	48	0,65	0,26	0,55	0,74	0,25
	Januari	49	0,75	0,14	0,52	0,88	0,29
	Februari	50	0,57	0,14	0,49	0,78	0,24
	Maret	51	0,72	0,14	0,58	0,58	0,25
	April	52	0,54	0,14	0,42	0,41	0,31
	Mei	53	0,39	0,14	0,32	0,30	0,23
	Juni	54	0,61	0,14	0,48	0,28	0,37
	Juli	55	0,32	0,14	0,26	0,21	0,25
	Agustus	56	0,14	0,14	0,10	0,35	0,16
	September	57	0,14	0,14	0,10	0,68	0,13
	Oktober	58	0,17	0,14	0,15	0,81	0,13
	November	59	0,50	0,14	0,46	0,66	0,23
2014	Desember	60	0,75	0,14	0,63	0,66	0,39
	Januari	61	0,72	0,34	0,53	0,72	0,39
	Februari	62	0,57	0,34	0,44	0,59	0,35
	Maret	63	0,54	0,34	0,41	0,39	0,32
	April	64	0,46	0,34	0,42	0,21	0,33
	Mei	65	0,28	0,34	0,22	0,19	0,24
	Juni	66	0,21	0,34	0,17	0,19	0,17
	Juli	67	0,21	0,34	0,14	0,14	0,15
	Agustus	68	0,14	0,34	0,11	0,30	0,14
	September	69	0,10	0,34	0,10	0,61	0,12
	Oktober	70	0,14	0,34	0,11	0,76	0,12
	November	71	0,28	0,34	0,20	0,74	0,13
2015	Desember	72	0,79	0,34	0,66	0,74	0,28
	Januari	73	0,65	0,42	0,48	0,72	0,46
	Februari	74	0,65	0,42	0,68	0,60	0,49
	Maret	75	0,68	0,42	0,57	0,45	0,41
	April	76	0,46	0,42	0,40	0,28	0,31
	Mei	77	0,25	0,42	0,24	0,19	0,24
	Juni	78	0,14	0,42	0,11	0,18	0,12
	Juli	79	0,14	0,42	0,10	0,13	0,10
	Agustus	80	0,14	0,42	0,10	0,28	0,11
	September	81	0,10	0,42	0,10	0,65	0,10
	Oktober	82	0,10	0,42	0,10	0,76	0,10
	November	83	0,21	0,42	0,15	0,78	0,11
2016	Desember	84	0,50	0,42	0,43	0,78	0,33
	Januari	85	0,65	0,90	0,61	0,77	0,58
	Februari	86	0,90	0,90	0,90	0,62	0,82
	Maret	87	0,61	0,90	0,50	0,50	0,56
	April	88	0,50	0,90	0,46	0,32	0,90
	Mei	89	0,43	0,90	0,34	0,24	0,32
	Juni	90	0,43	0,90	0,42	0,21	0,62

Lanjutan Tabel 4. 37 Data Rekapitulasi Nilai Input dan Target.

Tahun	Bulan	No	Jumlah Hari Hujan	Koefisien Larian	Curah Hujan	Eto	Debit
2016	Juni	90	0,43	0,90	0,42	0,21	0,62
	Juli	91	0,35	0,90	0,19	0,16	0,25
	Agustus	92	0,17	0,90	0,19	0,32	0,18
	September	93	0,17	0,90	0,13	0,81	0,10
	Oktober	94	0,39	0,90	0,33	0,67	0,29
	November	95	0,39	0,90	0,37	0,71	0,30
	Desember	96	0,65	0,90	0,50	0,90	0,41
2017	Januari	97	0,83	0,50	0,88	0,88	0,57
	Februari	98	0,68	0,50	0,63	0,81	0,47
	Maret	99	0,65	0,50	0,57	0,46	0,49
	April	100	0,50	0,50	0,46	0,30	0,45
	Mei	101	0,25	0,50	0,21	0,21	0,27
	Juni	102	0,21	0,50	0,17	0,17	0,25
	Juli	103	0,10	0,50	0,10	0,14	0,19
	Agustus	104	0,10	0,50	0,10	0,32	0,15
	September	105	0,14	0,50	0,11	0,68	0,13
	Oktober	106	0,17	0,50	0,15	0,71	0,14
	November	107	0,68	0,50	0,76	0,64	0,44
	Desember	108	0,46	0,50	0,44	0,71	0,41
2018	Januari	109	0,79	0,74	0,65	0,71	0,57
	Februari	110	0,83	0,74	0,71	0,57	0,89
	Maret	111	0,65	0,74	0,54	0,41	0,65
	April	112	0,35	0,74	0,25	0,30	0,35
	Mei	113	0,17	0,74	0,14	0,21	0,15
	Juni	114	0,14	0,74	0,14	0,17	0,15
	Juli	115	0,14	0,74	0,10	0,11	0,11
	Agustus	116	0,14	0,74	0,10	0,28	0,10
	September	117	0,14	0,74	0,11	0,67	0,10
	Oktober	118	0,14	0,74	0,12	0,70	0,11
	November	119	0,39	0,74	0,34	0,69	0,17
	Desember	120	0,57	0,74	0,41	0,75	0,21

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

3. Berdasarkan tabel 4.37 yang merupakan data rekapitulasi yang telah ditransformasikan, pada *Command Window*, ketik Input55 kemudian klik enter (digunakan 55 dikarenakan percobaan pertama dilakukan pembagian data 5 tahun kalibrasi (2009 – 2013) dan 5 tahun validasi (2014 – 2018)).

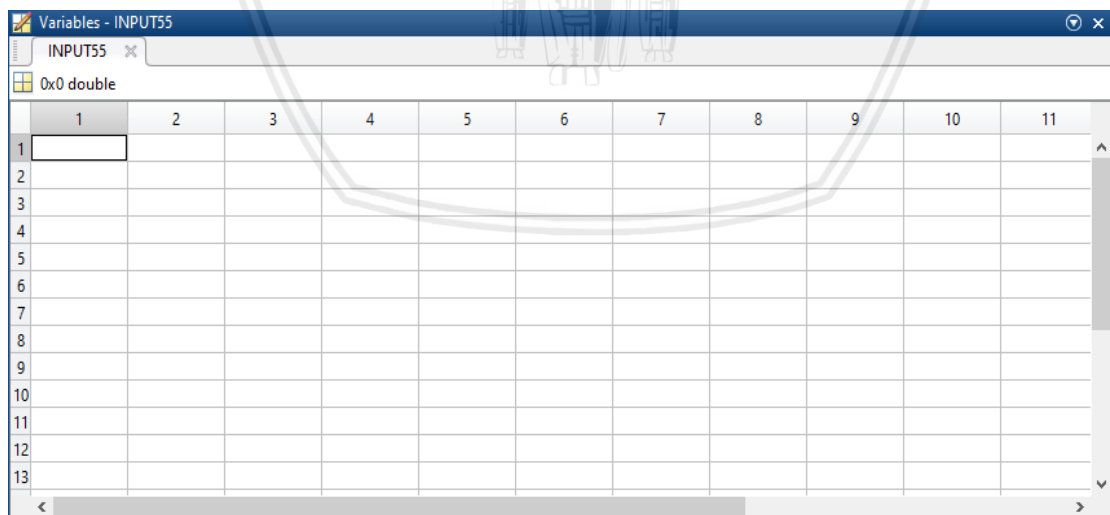


Gambar 4. 9 Tampilan *Command Window* dan *Workspace* pada *Matlab R2017a*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Kemudian lakukan langkah yang sama dengan memberi nama TARGET55, sedangkan untuk data sampel (yaitu data sisa dari data input, yaitu tahun 2014 – 2018), dilakukan langkah yang sama dengan memberi nama SAMPEL55.

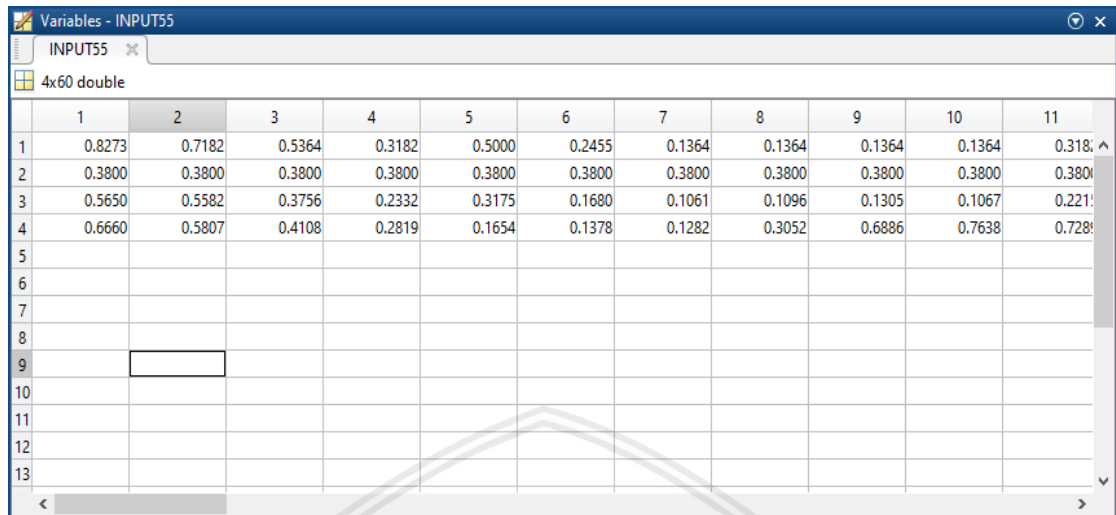
4. Klik 2x variabel INPUT55 pada *workspace*, untuk mengisi data input yang akan diolah dalam program Matlab R2017a. Maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Tampilan *Variabel Editor*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

5. Langkah selanjutnya adalah memindahkan data dari excel, yaitu tabel 4.37, ke matlab dengan mengcopy data *input* (tahun 2009 – 2013) dari excel ke matlab.

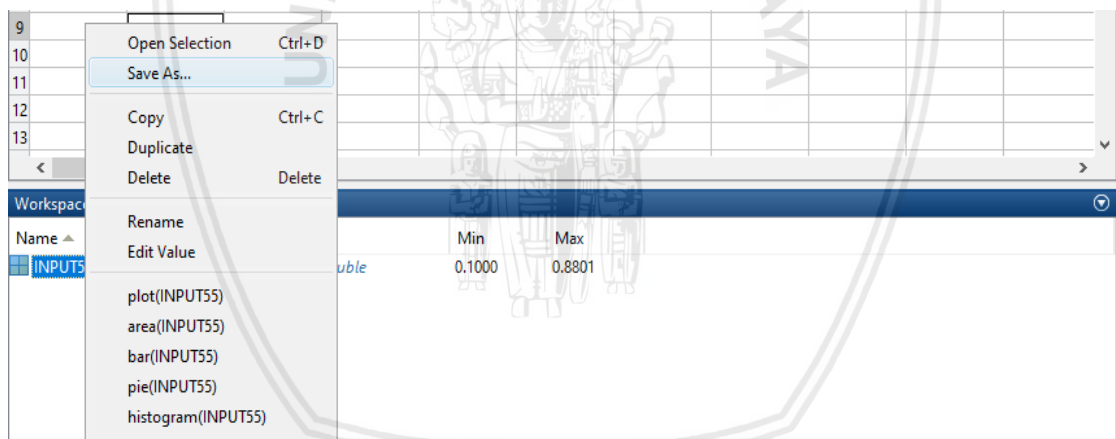


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.8273	0.7182	0.5364	0.3182	0.5000	0.2455	0.1364	0.1364	0.1364	0.1364	0.3182
2	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800	0.3800
3	0.5650	0.5582	0.3756	0.2332	0.3175	0.1680	0.1061	0.1096	0.1305	0.1067	0.2211
4	0.6660	0.5807	0.4108	0.2819	0.1654	0.1378	0.1282	0.3052	0.6886	0.7638	0.7289
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											

Gambar 4. 11 Hasil pemindahan data dari excel ke matlab.

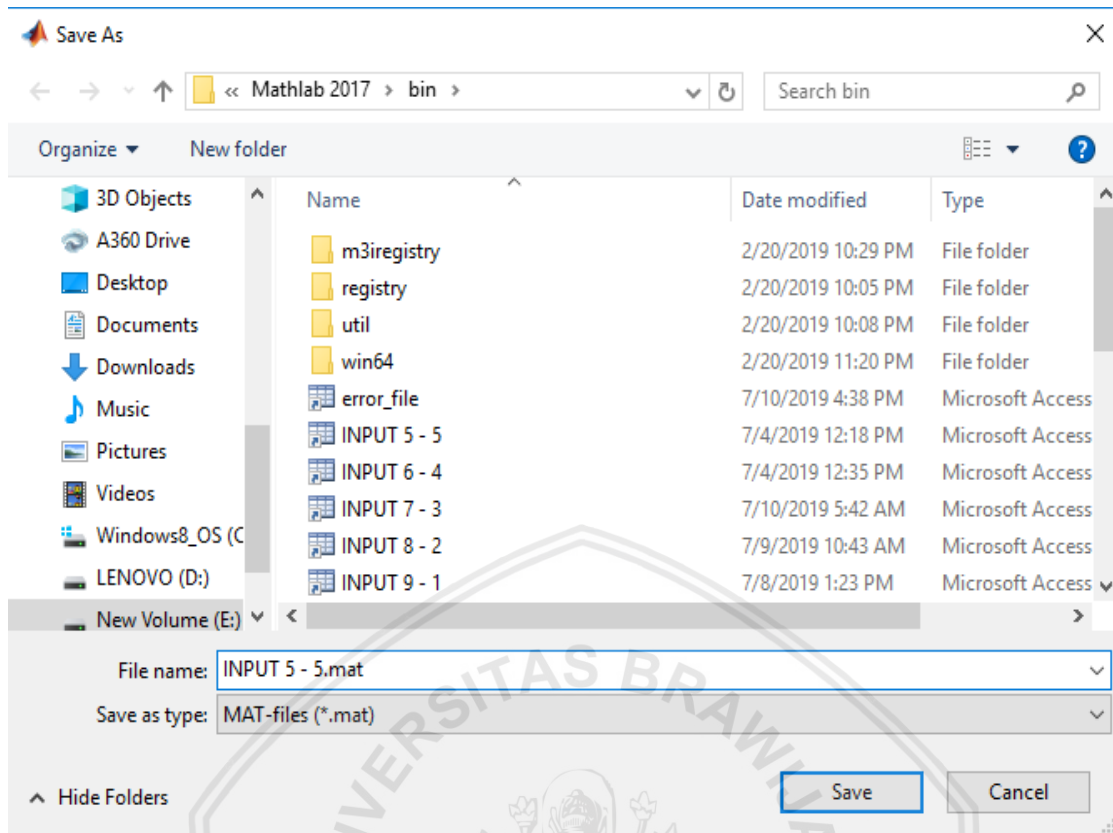
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

6. Kemudian klik kanan variable INPUT55 pada *Workspace* dan klik *Save As*, dan Save dengan nama INPUT 5 – 5 dengan format *.mat*.



Gambar 4. 12 Tampilan klik kanan pada variabel di *workspace*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

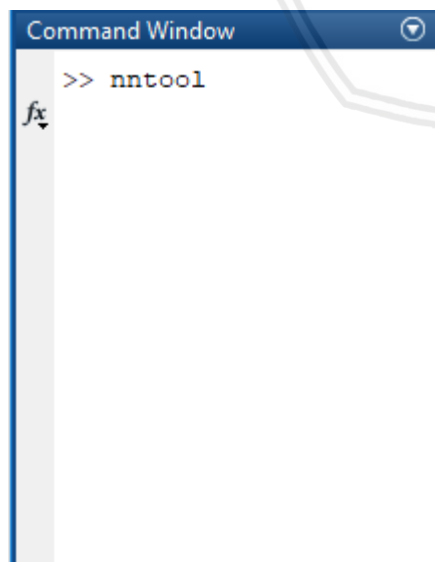


Gambar 4. 13 Menyimpan data Input dalam format *.mat*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

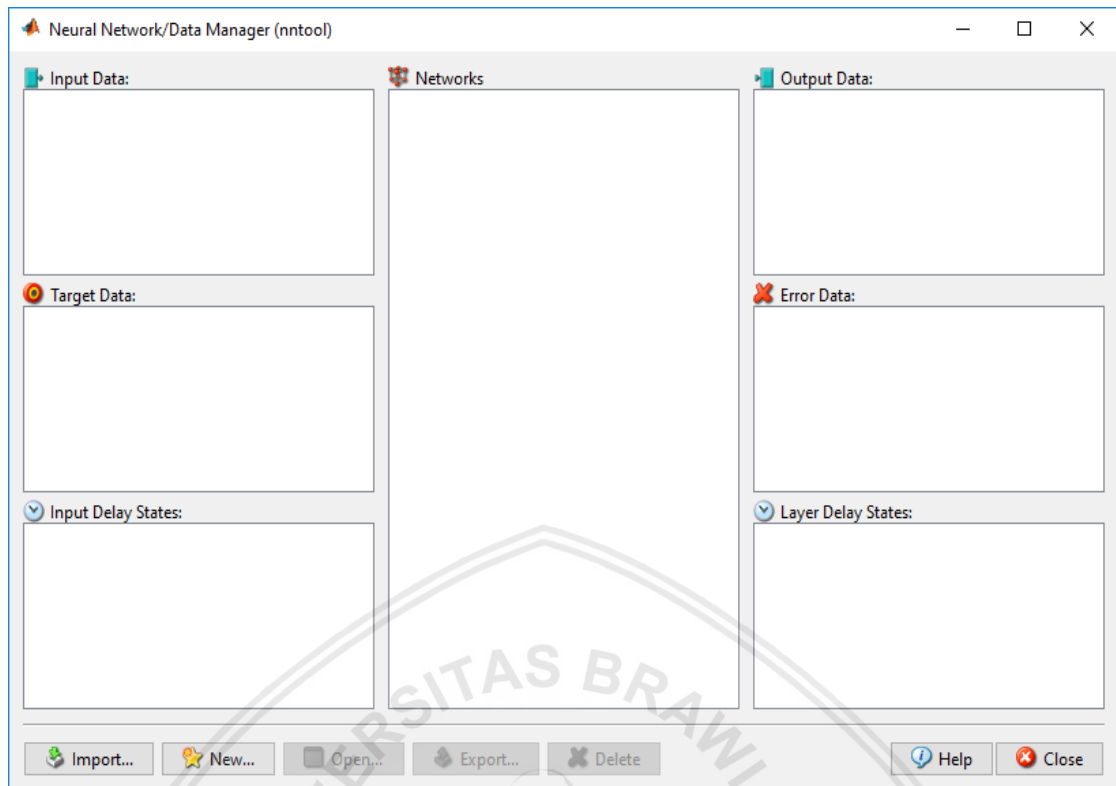
Lakukan langkah yang sama untuk data sampel dan target.

7. Langkah selanjutnya adalah mengimport data kedalam model jaringan syaraf tiruan, dengan mengetik “*nnntool*” dengan huruf kecil didalam *Command Window* kemudian klik enter.



Gambar 4. 14 *nnntool* pada *Command Window*.

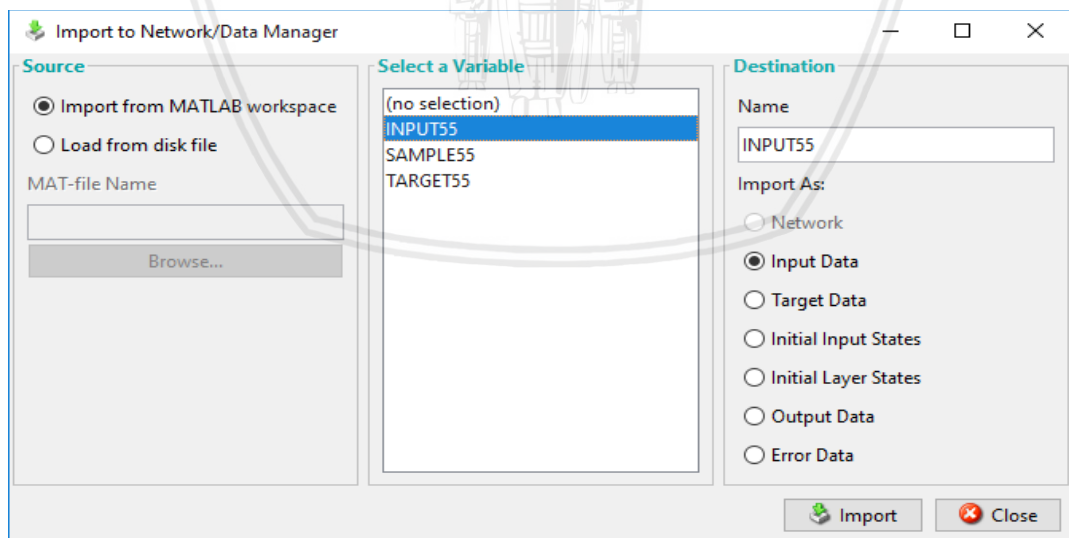
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Gambar 4. 15 Tampilan *Network Data Manager*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Kemudian klik “Import”, maka akan muncul tampilan baru “import to network/data manager”, kemudian pilih INPUT55, centang “input data” dibawah “import as”, klik import > ok.



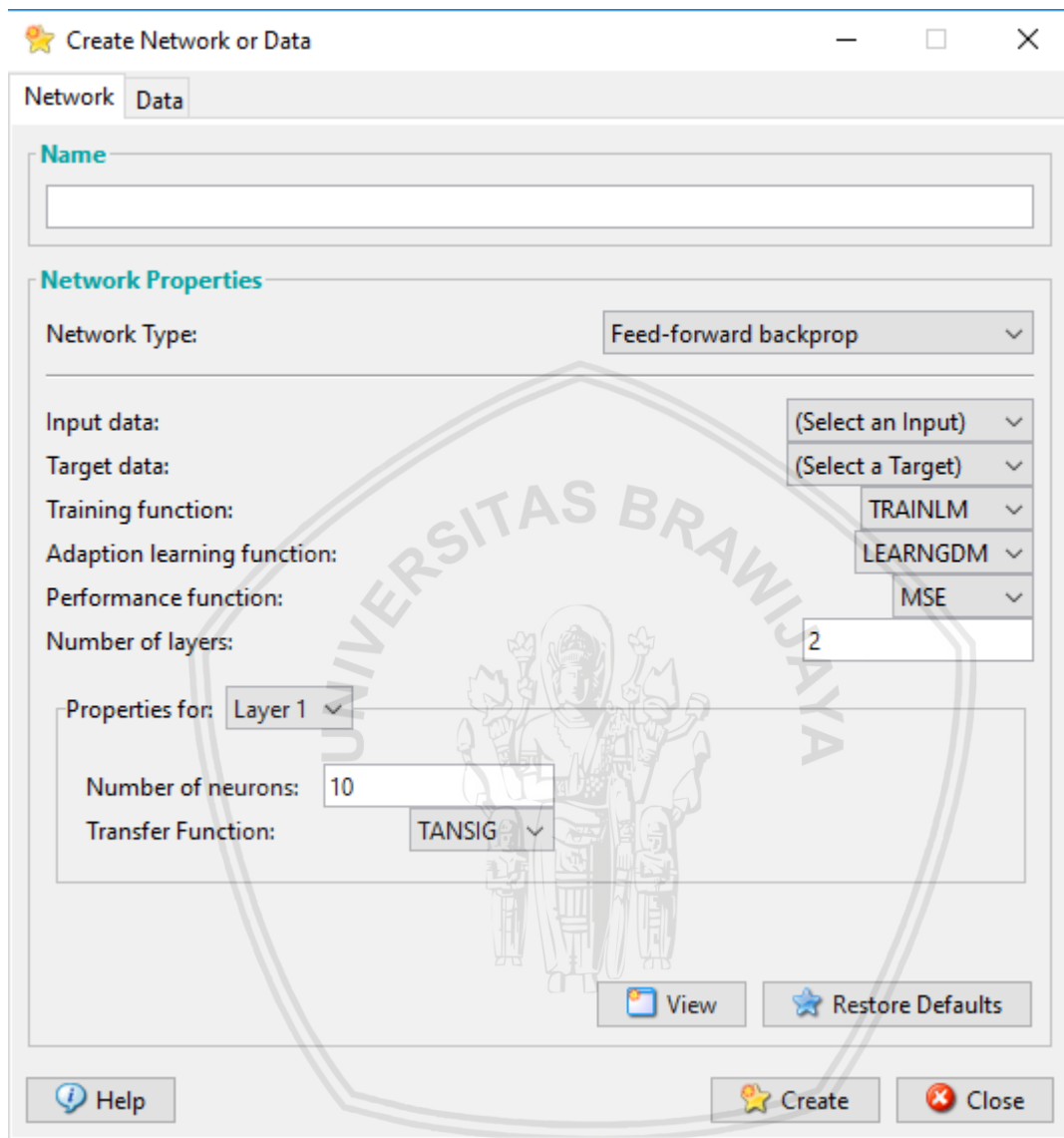
Gambar 4. 16 Tampilan *Import to Network/Data Manager*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lakukan langkah yang sama untuk variabel *Sampel* dan *Target*. Untuk Variabel *Sampel*, digunakan “input data” dibawah “import as”, dan untuk variabel *Target*, digunakan “target data” dibawah “import as”, Kemudian klik *Close* untuk menutup layer.



8. Tahapan selanjutnya adalah membuat arsitektur jaringan dari data yang di *import* sebelumnya ke dalam model jaringan syaraf tiruan. Langkahnya adalah buka kembali tampilan *Network Data Manager > New*. Muncul tampilan *Create Network or Data*.



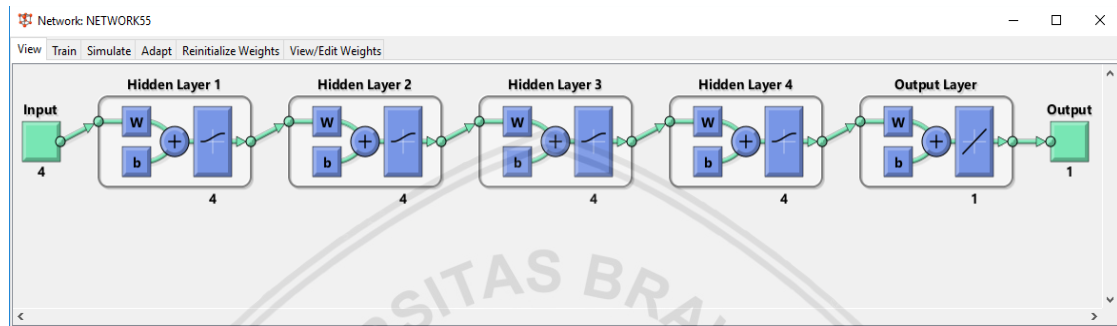
Gambar 4. 17 Tampilan *Create Network or Data*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

9. Pada bagian nama, beri nama “Network55” untuk pembagian data 5 tahun kalibrasi dan 5 tahun validasi.
- *Network Type* digunakan *Feed Forward Backpropagation* .
  - *Input Data* pilih INPUT55.
  - *Target Data* pilih TARGET55.
  - *Training Function* pada studi ini menggunakan Traincgb.
  - *Adaption Learning Function* menggunakan Learngdm.
  - *Performance Function* menggunakan MSE (*Mean Square Error*).

- *Number of layers* menggunakan 5 layer, yaitu 4 *Hidden Layer* dan 1 *Output Layer*.
- *Numbers of Neuron* menggunakan 4 neuron untuk hidden layer (layer 1 – layer 4), dan 1 neuron untuk output layer (layer 5).
- *Transfer Function* menggunakan Logsig pada *hidden layer* (layer 1 – 4), dan output layer menggunakan Purelin. Alasan digunakan Logsin karena pada saat transformasi data menggunakan batas 0 dan 1, yaitu standar pada fungsi Log-Sigmoid.

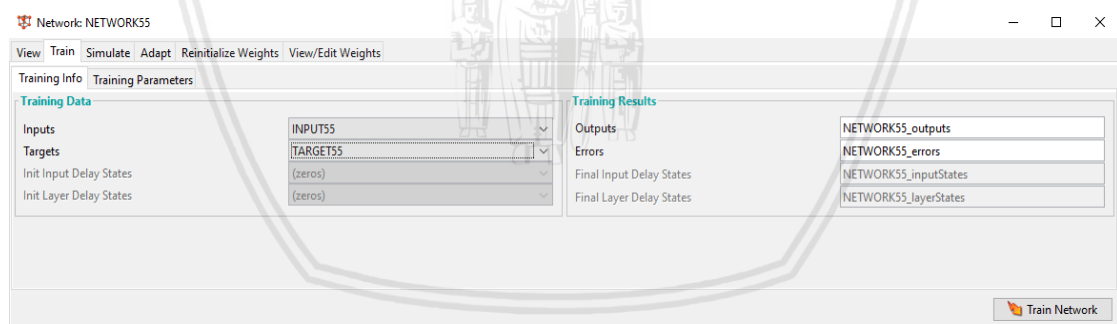
Setelah selesai klik Create > Close, kemudian klik 2 kali Network55 dibawah *Networks*.



Gambar 4. 18 Tampilan *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

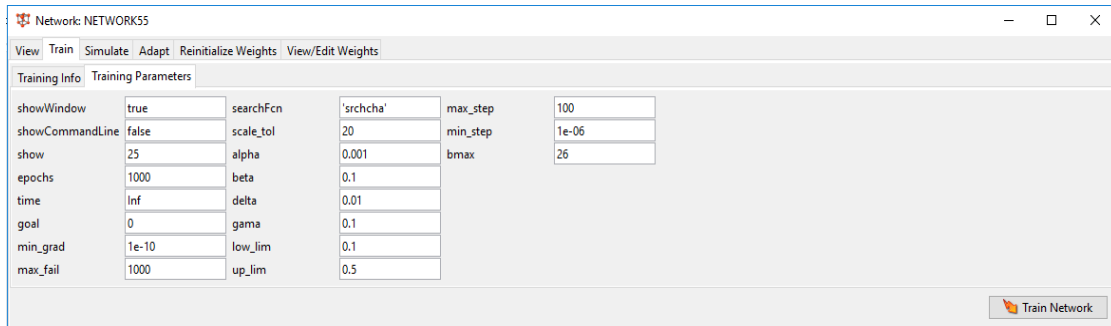
10. Klik *Train* > *Training Info* > *Training Data*, dan pada bagian input pilih INPUT55, dan pada bagian target pilih TARGET55, pada *Training Result*, pada *output* beri nama “NETWORK55\_output”, pada *Errors* beri nama “NETWORK55\_error”.



Gambar 4. 19 Tampilan *Training Info* pada *Network55*.

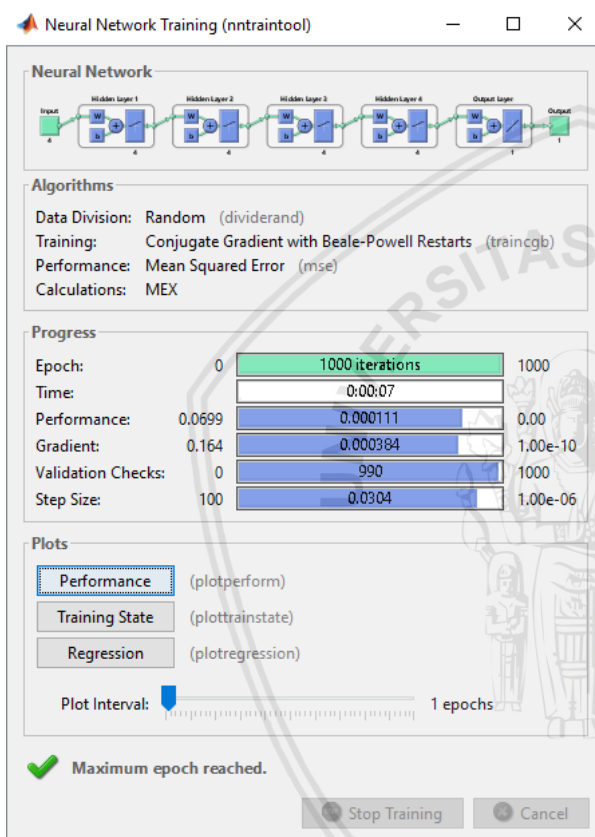
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

11. Selanjutnya klik training parameter, terdapat beberapa variabel terikat untuk optimasi hasil training, ganti “max\_fail” menjadi sesuai dengan epoch yang dipilih (pada studi ini, percobaan pertama menggunakan epoch 1000” serta “delta” sesuai dengan learning rate yang diinginkan. Klik *train network*.



Gambar 4. 20 Tampilan *Training Parameter* pada *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

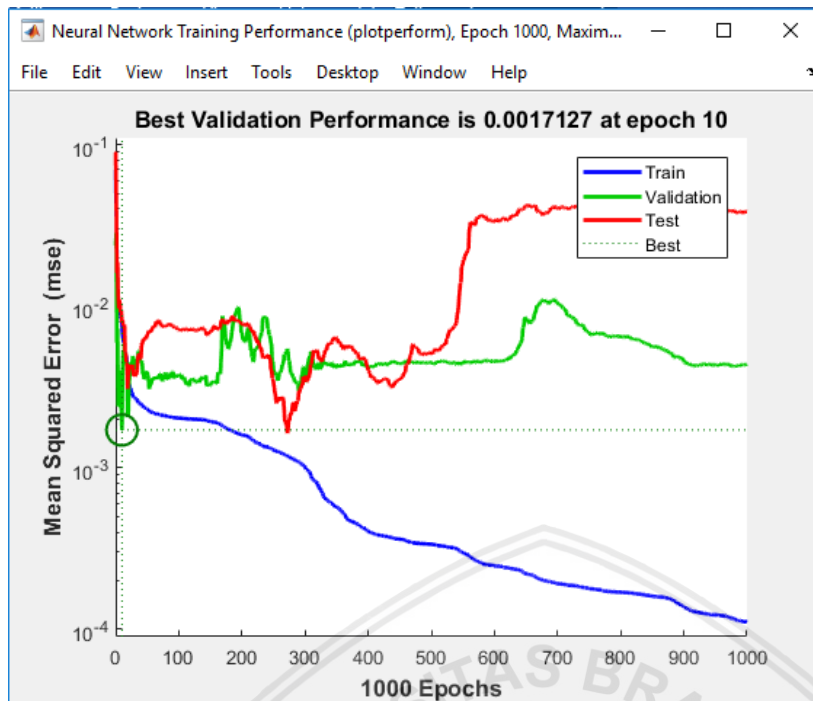


Gambar 4. 21 Tampilan *Network Training* pada *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

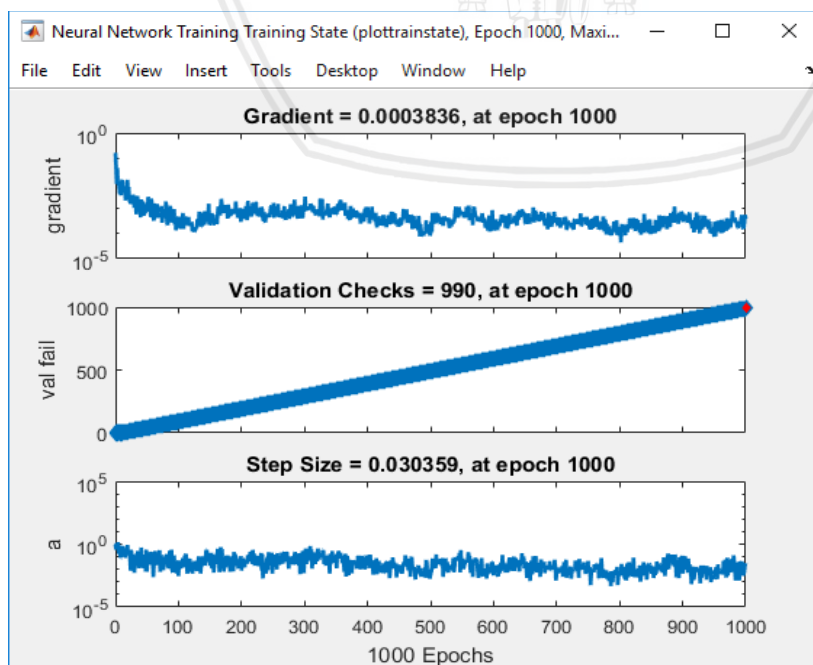
Gambar 4.21 menunjukan proses selama *training* berlangsung, *progress* selalu terpantau dalam layar *nntraintool*, variabel epoch merupakan banyaknya iterasi atau banyaknya percobaan berulang yang dilakukan untuk mencari *output*, *output* disini yaitu mendekati *target*. Time merupakan waktu yang digunakan selama proses *training*, *Performance* merupakan hasil terbaik, dalam hal ini adalah MSE terbaik selama proses training, *Gradien* merupakan garis korelasi antara data asli dan data hasil training, *Validation Checks* digunakan untuk melihat apakah training yang digunakan sudah baik.

- Selanjutnya klik *Performance*, *Training State*, dan *Regression*, untuk melihat hasil dari training



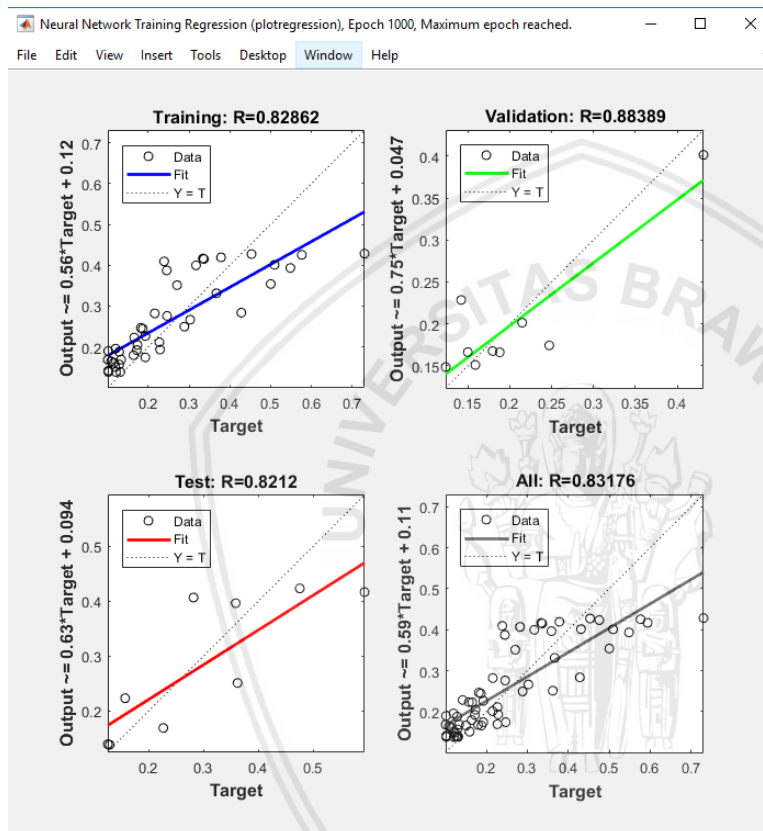
Gambar 4. 22 Tampilan *Plot Performance* pada *Network55*.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.22 menunjukkan tentang bagaimana hasil atau *performance* dari Matlab dalam mencari struktur *network* yang terbaik, dimana pada grafik menggambarkan perbandingan antara error yang keluar pada saat proses pelatihan, tes, dan validasi, pada setiap iterasi, semakin kecil error maka semakin kecil perbedaan antara hasil model dengan data target. Struktur terbaik didapat pada saat proses Validasi menunjukkan error yang terkecil.



Gambar 4. 23 Tampilan *Training State* pada *Network55*.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.23 menunjukkan menunjukkan *progress* dari variable lainnya pada proses pelatihan, *Gradient* merupakan kemiringan pada garis x dan y antara *output* dan *target*, semakin pada gambar diatas menunjukkan naik dan turunnya gradien selama proses pelatihan, semakin kecil gradien yang didapat, maka semakin baik hasilnya atau semakin kecil gradien maka semakin kecil selisih antara *output* dan *target*. Sedangkan *validation check* menunjukkan seberapa banyak iterasi yang dilakukan dalam mencari hasil validasi yang lebih kecil.

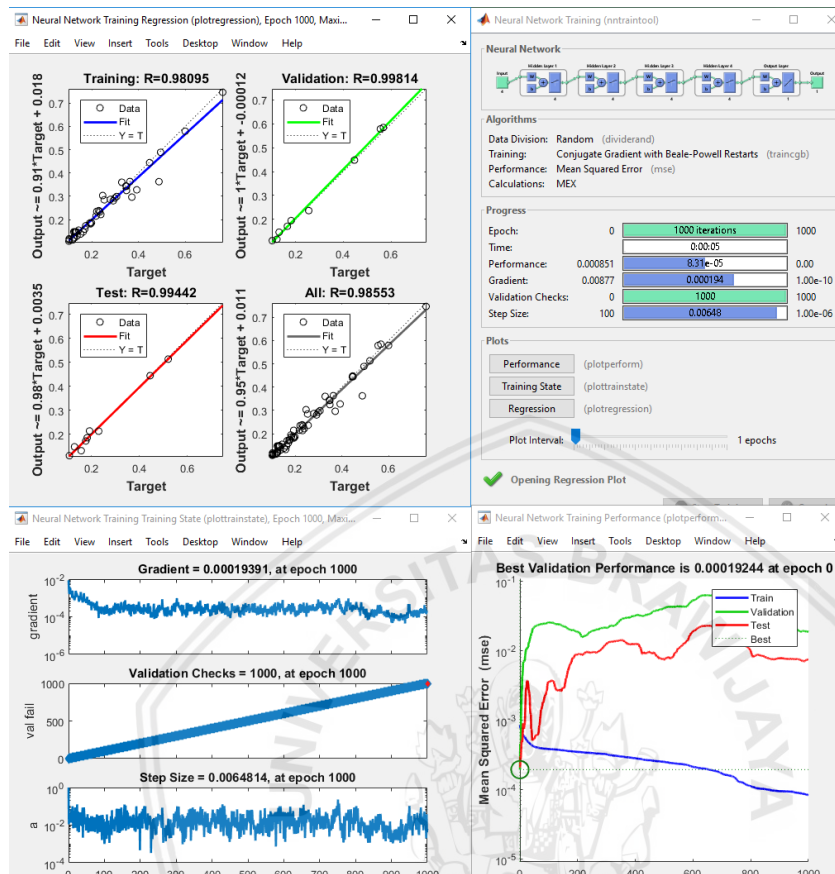


Gambar 4. 24 Tampilan *Regression* pada *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.24 menunjukkan hasil *running*, hasil optimal ditunjukkan pada garis regresi yang mendekati garis titik-titik, dalam hal ini dilakukan beberapa kali percobaan untuk mendapat hasil optimal, hal yang perlu diperhatikan adalah perlu di hindari ketika training merupakan *Underfitting* dan *Overfitting*, *Underfitting* terjadi ketika hasil *training*, *validation*, dan *test* tidak menunjukkan hasil yang baik, *Overfitting* terjadi ketika hasil *training* sempurna, tetapi hasil *validation* dan *test* sangat buruk.

Pada studi ini, hasil optimal pada pembagian data 5 tahun kalibrasi dan 5 tahun validasi dengan 1000 epoch adalah:

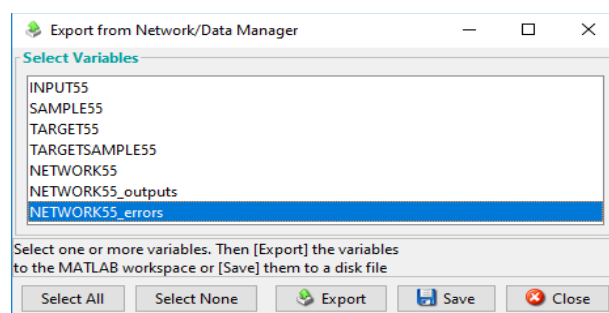


Gambar 4. 25 Hasil optimal pada *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.25 menunjukkan hasil yang optimum, dimana hasil optimum didapat pada epoch 0 dengan R diatas 0,5 dan MSE pelatihan sebesar 0,00018244 dengan data yang sudah tertransformasi.

13. Langkah selanjutnya adalah mengexport hasil *training* optimum tersebut. Pada layer *Neural Network/Data Manager* > klik Export, pilih hasil output, yaitu NETWORK55\_output, hasil dari pengolahan > Export. Data tersebut kemudian akan muncul dalam layer *Workspace*.



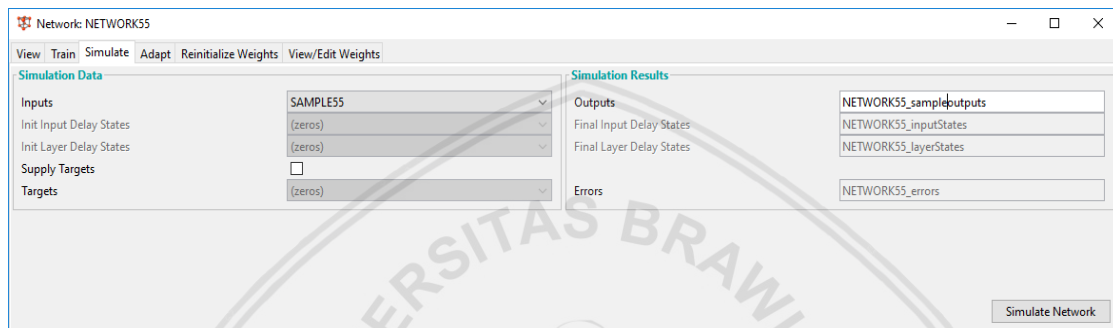
Gambar 4. 26 Layer *Export*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Setelah berhasil export, pindahkan data kedalam *Excel* dengan cara *Copy* dan *Paste* Kemudian hitung Error, MSE, dll. Dan lakukan langkah yang sama untuk epoch 2000 dan 3000.

14. Langkah terakhir adalah kembali ke tampilan “*Network*” dan melakukan simulasi dengan klik *Simulate* > *Simulation Data* dengan network, pada *inputs* pilih “*SAMPEL*”, kemudian pada “*Simulation Results*” ganti *Output* menjadi “*NETWORK\_sampleoutputs*”, kemudian klik “*Simulate Network*” untuk melakukan prediksi.



Gambar 4. 27 Tampilan *Simulate* pada *Network55*.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

15. Setelah data berhasil terprediksi, hasil dapat di export untuk memindahkan hasil prediksi ke excel, dan transformasi kembali kedalam standart kita dengan membalik rumus yang ada sebelumnya.

$$X = \frac{X' - BB}{BA - BB} * (X_{\max} - X_{\min}) + X_{\min}$$

Dengan keterangan:

$X'$  = Data transformasi

$X$  = Data asli

$X_{\min}$  = Data asli angka terkecil

$X_{\max}$  = Data asli angka terbesar

$BA$  = Batas atas

$BB$  = Batas bawah



		47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
5 - 5	PEMBAGIAN GATA	HASIL JST																													
		0,13785 60,64 YES	0,28489 261,72 YES	0,281 256,40 YES	0,22154 175,09 YES	0,30325 286,83 YES	0,29889 280,87 YES	0,23333 191,21 YES	0,29651 277,61 YES	0,23619 195,12 YES	0,14733 73,61 YES	0,14733 73,61 YES	0,14733 73,61 YES	0,21365 164,30 YES	0,32778 320,38 YES	0,39086 406,64 YES	0,2443 206,21 YES	0,30067 283,30 YES	0,22192 175,61 YES	0,24281 204,18 YES	0,11469 28,97 YES	0,14795 74,45 YES	0,10712 18,62 YES	0,14128 65,33 YES	0,1437 68,64 YES	0,1067 18,04 YES	0,29756 279,05 YES	0,16239 94,20 YES	0,64457 753,59 YES	0,67455 794,59 YES	0,1362 58,39 YES
		PERBANDINGAN JST ASLI																													
		DEBIT ASLI	78,50	217,53	270,47	197,33	208,45	290,26	191,47	379,69	220,41	94,02	49,36	54,30	187,78	408,74	407,14	348,65	315,04	316,81	202,51	109,88	80,51	59,30	39,87	39,14	54,87	256,44	500,08	546,47	439,19
	DEBIT JST	60,64	261,72	256,40	175,09	286,83	280,87	191,21	277,61	195,12	73,61	73,61	73,61	164,30	320,38	406,64	206,21	283,30	175,61	204,18	28,97	74,45	18,62	65,33	68,64	18,04	279,05	94,20	753,59	794,59	58,39
	Selish	17,86	#####	14,07	22,24	-78,38	9,39	0,26	#####	25,29	20,41	-24,25	#####	23,48	88,36	0,50	142,44	31,74	141,20	-1,67	80,91	6,06	40,68	#####	#####	36,83	#####	405,88	#####	#####	#####
6 - 4	PEMBAGIAN GATA	HASIL JST																													
		0,1254 43,62 YES	0,30015 282,59 YES	0,26539 235,06 YES	0,23961 199,80 YES	0,34116 338,67 YES	0,31233 299,25 YES	0,22026 173,34 YES	0,35533 358,05 YES	0,21859 171,06 YES	0,13137 51,78 YES	0,13156 52,04 YES	0,13155 52,03 YES	0,2241 178,59 YES	0,33892 335,61 YES	0,34272 340,81 YES	0,34317 341,42 YES	0,35807 361,80 YES	0,35607 359,06 YES	0,19817 143,13 YES	0,14862 75,37 YES	0,17479 111,16 YES	0,12461 42,54 YES	0,12452 42,41 YES	0,12463 42,56 YES	0,1242 41,98 YES	0,32225 312,81 YES	0,10855 20,57 YES	0,57789 662,41 YES	0,64385 752,61 YES	0,64563 755,04 YES
		PERBANDINGAN JST ASLI																													
		DEBIT ASLI	78,50	217,53	270,47	197,33	208,45	290,26	191,47	379,69	220,41	94,02	49,36	54,30	187,78	408,74	407,14	348,65	315,04	316,81	202,51	109,88	80,51	59,30	39,87	39,14	54,87	256,44	500,08	546,47	439,19
	DEBIT JST	43,62	282,59	235,06	199,80	338,67	299,25	173,34	358,05	171,06	51,78	52,04	52,03	178,59	335,61	340,81	341,42	361,80	359,06	143,13	75,37	111,16	42,54	42,41	42,56	41,98	312,81	20,57	662,41	752,61	755,04
	Selish	34,88	#####	35,41	-2,47	#####	-8,99	18,13	21,64	49,35	42,24	-2,68	2,27	9,19	73,13	66,33	7,23	-46,76	-42,25	59,38	34,51	#####	16,76	-2,54	-3,42	12,89	#####	479,51	#####	#####	#####
7 - 3	PEMBAGIAN GATA	HASIL JST																													
		0,1491 76,03 YES	0,28655 263,99 YES	0,35934 363,53 YES	0,22341 177,65 YES	0,33321 327,80 YES	0,32682 319,06 YES	0,1948 138,52 YES	0,39186 408,01 YES	0,23161 188,86 YES	0,11784 33,28 YES	0,1116 24,75 YES	0,11147 24,57 YES	0,22312 177,25 YES	0,39914 417,96 YES	0,42702 456,09 YES	0,32073 310,73 YES	0,22524 180,15 YES	0,328 320,68 YES	0,22699 182,54 YES	0,19219 134,95 YES	0,20479 152,18 YES	0,13194 52,56 YES	0,11375 27,69 YES	0,11582 30,52 YES	0,11164 24,80 YES	0,4276 456,88 YES	0,40443 425,20 YES	0,54326 615,05 YES	0,38595 399,92 YES	0,33071 324,38 YES
		PERBANDINGAN JST ASLI																													
		DEBIT ASLI	78,50	217,53	270,47	197,33	208,45	290,26	191,47	379,69	220,41	94,02	49,36	54,30	187,78	408,74	407,14	348,65	315,04	316,81	202,51	109,88	80,51	59,30	39,87	39,14	54,87	256,44	500,08	546,47	439,19
	DEBIT JST	76,03	263,99	363,53	177,65	327,80	319,06	138,52	408,01	188,86	33,28	24,75	24,57	177,25	417,96	456,09	310,73	180,15	320,68	182,54	134,95	152,18	52,56	27,69	30,52	24,80	456,88	425,20	615,05	399,92	324,38
	Selish	2,47	#####	#####	19,68	#####	#####	52,95	-28,32	31,55	60,74	24,61	29,73	10,53	-9,22	-48,95	37,92	134,89	-3,87	19,97	#####	#####	6,74	12,18	8,62	30,07	#####	74,88	-68,58	39,27	#####

Gambar 4. 28 Hasil Pengolahan Dengan Matlab R2017a pada Excel.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.28 menunjukkan hasil perbandingan antara debit asli AWLR di lapangan dengan debit model hasil JST, yang kemudian akan dihitung perbedaan antara kedua data untuk dilihat kualitas data model yang dihasilkan.

16. Lakukan langkah yang sama untuk pembagian data 6 – 4, 7 – 3, 8 – 2, dan 9 – 1.

#### 4.6.1. Hasil Pengolahan ANN Matlab R2017a

Berikut adalah rekapitulasi nilai gradien R dari pengolahan Matlab R2017a pada data training 5 tahun, 6 tahun, 7 tahun, 8 tahun, dan 9 tahun.

Tabel 4. 38

Rekapitulasi Nilai Gradien R Setiap Data

Data 5 Tahun (2009 - 2013)					
Epoch	Performance	Training	Validation	Test	All
1000	0,000192	0,98095	0,99814	0,99442	0,98553
2000	0,001196	0,99948	0,84157	0,77685	0,90944
3000	0,007342	0,93154	0,92346	0,96582	0,92915
Data 6 Tahun (2009 - 2014)					
Epoch	Performance	Training	Validation	Test	All
1000	0,001136	0,98013	0,98127	0,98227	0,98097
2000	0,00087	0,92207	0,97454	0,92135	0,92532
3000	0,000501	0,99466	0,95965	0,89571	0,90879
Data 7 Tahun (2009 - 2015)					
Epoch	Performance	Training	Validation	Test	All
1000	0,003338	0,9183	0,94469	0,91747	0,91619
2000	0,000508	0,96441	0,9819	0,99284	0,97024
3000	0,002067	0,91274	0,93604	0,9452	0,91901
Data 8 Tahun (2009 - 2016)					
Epoch	Performance	Training	Validation	Test	All
1000	0,003535	0,97045	0,91458	0,97654	0,89228
2000	0,005444	0,88093	0,88227	0,93903	0,88331
3000	0,009079	0,91908	0,82893	0,87953	0,89631
Data 9 Tahun (2009 - 2017)					
Epoch	Performance	Training	Validation	Test	All
1000	0,000877	0,93154	0,97443	0,95744	0,93899
2000	0,00282	0,9496	0,90276	0,98697	0,95228
3000	0,003635	0,92089	0,9415	0,98381	0,92774

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

#### 4.6.2. Kalibrasi

Perhitungan Error pada hasil output dilakukan untuk melihat bagaimana selisih atau tingkat kesalahan antara hasil output dengan data asli di lapangan.

Tabel 4. 39

Kesesuaian Hasil Model *Training* Matlab Tahun 2009 - 2013 pada Epoch 1000.

Bulan	Debit AWLR Hasil JST (m <sup>3</sup> /bulan) (m <sup>3</sup> /bulan)		Error	MSE	X-Xrerata	(X-Xrerata) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	XY
Jan-09	914	893	20	413	689	474.866	834.756	798.052	816.198
Feb-09	648	672	-24	553	424	179.551	420.267	451.297	435.506
Mar-09	142	128	15	214	-82	6.754	20.266	16.316	18.184
Apr-09	67	83	-16	258	-157	24.701	4.540	6.964	5.623
May-09	133	126	7	53	-91	8.318	17.780	15.889	16.808
Jun-09	89	53	35	1.255	-136	18.497	7.839	2.820	4.702

Lanjutan Tabel 4.39. Kesesuaian Hasil Model *Training* Matlab Tahun 2009 - 2013 pada Epoch 1000.

Bulan	Debit AWLR (m <sup>3</sup> /bulan)	Hasil JST (m <sup>3</sup> /bulan)	Error	MSE	X-Xrerata	(X-Xrerata) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	XY
Jul-09	12	33	-21	440	-213	45.371	133	1.058	375
Aug-09	10	19	-8	71	-214	45.978	102	344	188
Sep-09	11	23	-12	133	-213	45.401	132	528	264
Oct-09	12	27	-15	217	-212	45.107	148	722	327
Nov-09	21	25	-4	14	-203	41.390	445	618	525
Dec-09	38	31	7	45	-187	34.952	1.413	952	1.160
Jan-10	549	541	8	60	324	104.947	300.852	292.382	296.587
Feb-10	539	368	171	29.113	315	98.926	290.596	135.751	198.617
Mar-10	321	365	-44	1.960	96	9.238	102.823	133.173	117.018
Apr-10	368	369	-1	0	144	20.717	135.778	136.265	136.021
May-10	584	574	9	89	359	128.892	340.542	329.596	335.024
Jun-10	120	138	-19	343	-105	11.034	14.280	19.049	16.493
Jul-10	136	166	-30	900	-89	7.908	18.393	27.428	22.460
Aug-10	31	26	6	32	-193	37.286	989	664	810
Sep-10	137	121	17	278	-87	7.586	18.893	14.586	16.600
Oct-10	114	109	6	35	-110	12.117	13.103	11.776	12.422
Nov-10	109	109	-1	0	-116	13.406	11.829	11.952	11.890
Dec-10	254	264	-10	107	29	857	64.425	69.793	67.055
Jan-11	484	480	4	16	260	67.509	234.614	230.813	232.706
Feb-11	348	341	7	47	124	15.300	121.271	116.559	118.892
Mar-11	693	664	29	824	469	219.516	480.346	441.375	460.448
Apr-11	632	664	-32	1.036	407	165.629	398.818	440.503	419.142
May-11	480	480	1	0	256	65.411	230.688	230.182	230.435
Jun-11	123	127	-4	18	-102	10.405	15.016	16.079	15.538
Jul-11	103	90	13	175	-121	14.720	10.654	8.096	9.287
Aug-11	50	75	-25	630	-174	30.375	2.526	5.679	3.787
Sep-11	42	38	4	17	-183	33.407	1.745	1.417	1.572
Oct-11	37	38	-2	3	-188	35.252	1.354	1.475	1.413
Nov-11	170	166	3	9	-55	3.029	28.734	27.714	28.219
Dec-11	345	343	2	3	121	14.524	119.066	117.833	118.448
Jan-12	348	317	32	995	124	15.327	121.347	100.366	110.359
Feb-12	483	485	-2	5	258	66.617	232.949	235.103	234.023
Mar-12	280	272	7	55	55	3.035	78.196	74.106	76.124
Apr-12	185	198	-13	158	-39	1.525	34.410	39.235	36.743
May-12	174	193	-19	375	-51	2.556	30.271	37.388	33.642
Jun-12	98	105	-8	60	-127	16.122	9.520	11.089	10.275
Jul-12	57	49	8	60	-167	27.992	3.276	2.447	2.831
Aug-12	51	71	-21	427	-174	30.268	2.557	5.075	3.603

Lanjutan Tabel 4.39. Kesesuaian Hasil Model *Training* Matlab Tahun 2009 - 2013 pada Epoch 1000.

Bulan	Debit AWLR Hasil JST		Error	MSE	X-Xrerata	(X-Xrerata) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	XY
	(m <sup>3</sup> /bulan)	(m <sup>3</sup> /bulan)							
Sep-12	45	73	-29	821	-180	32.340	1.999	5.382	3.280
Oct-12	39	74	-35	1.215	-186	34.550	1.495	5.406	2.843
Nov-12	79	61	18	319	-146	21.329	6.162	3.678	4.760
Dec-12	218	262	-44	1.953	-7	49	47.321	68.499	56.934
Jan-13	270	256	14	198	46	2.109	73.154	65.742	69.349
Feb-13	197	175	22	495	-27	741	38.939	30.657	34.551
Mar-13	208	287	-78	6.143	-16	259	43.451	82.271	59.790
Apr-13	290	281	9	88	66	4.318	84.251	78.887	81.525
May-13	191	191	0	0	-33	1.094	36.661	36.562	36.612
Jun-13	380	278	102	10.420	155	24.070	144.164	77.069	105.407
Jul-13	220	195	25	639	-4	17	48.581	38.074	43.007
Aug-13	94	74	20	417	-131	17.037	8.840	5.418	6.921
Sep-13	49	74	-24	588	-175	30.690	2.436	5.418	3.633
Oct-13	54	74	-19	373	-170	28.983	2.948	5.418	3.997
Nov-13	188	164	23	551	-37	1.352	35.261	26.995	30.852
Dec-13	409	320	88	7.808	184	33.928	167.068	102.640	130.950
Sum	13.473	13.299	174	73.527	0	2.495.186	5.520.416	5.258.625	5.352.757
Rerata	225	222	3	1.225	0				
NSE						0,97			
R						0,99			
R <sup>2</sup>						0,97			

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Perhitungan eror berdasarkan tabel 4.39 diatas menggunakan MSE, NSE, dan R, dengan membandingkan antara Debit AWLR dengan Debit keluaran JST selama 5 tahun (60 bulan).

Contoh perhitungan :

a. *Mean Square Error* (MSE)

$$\begin{aligned}
 \text{MSE} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{\text{lapangan}} - y_{\text{Model}})^2 \\
 &= \frac{1}{60} 73.527 \\
 &= 1.225
 \end{aligned}$$

b. *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*

$$\begin{aligned}
 \text{NSE} &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_a - X_b)^2}{\sum_{i=1}^n (X_a - \bar{X}_a)^2} \\
 &= 1 - \frac{73.527}{2.495.185} \\
 &= 0,97
 \end{aligned}$$

c. *Koefisien Korelasi*

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{n \sum_{i=1}^n X_a X_b - \left( \sum_{i=1}^n X_a \right) \left( \sum_{i=1}^n X_b \right)}{\sqrt{\left( n \sum_{i=1}^n X_a^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_a \right)^2 \right) \left( n \sum_{i=1}^n X_b^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_b \right)^2 \right)}} \\
 &= \frac{(60 * 5.352.757) - (13.472 * 13.298)}{\sqrt{(60 * 5.520.415 - 181.513.814)(60 * 5.258.625 - 176.850.770)}} \\
 &= 0,99
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 40

Rekapitulasi Error Hasil *Training* Matlab R2017a

DATA 5 TAHUN (2009 - 2013)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
<b>1000</b>	<b>2,90</b>	<b>1.225</b>	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>
2000	0,01	7.645	0,82	0,91	0,83
3000	6,10	5.795	0,86	0,93	0,86
DATA 6 TAHUN (2009 - 2014)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	-0,48	1.424	0,96	0,98	0,96
2000	-3,06	5.848	0,85	0,92	0,85
3000	-12,10	9.468	0,75	0,91	0,83
DATA 7 TAHUN (2009 - 2015)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	-7,13	6.238	0,84	0,92	0,84
2000	0,99	2.408	0,94	0,97	0,94
3000	-4,15	5.959	0,84	0,92	0,84
DATA 8 TAHUN (2009 - 2016)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	-6,11	11.275	0,79	0,89	0,80
2000	1,51	12.094	0,78	0,88	0,78
3000	-2,12	10.999	0,80	0,90	0,80
DATA 9 TAHUN (2009 - 2017)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	9,01	6.569	0,88	0,94	0,88
2000	4,84	5.035	0,91	0,95	0,91
3000	-8,02	8.912	0,83	0,93	0,86

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan tabel 4.40, pengolahan yang dilakukan dengan software Matlab R2017a dengan pembagian data 5, 6, 7, 8, dan 9 tahun dengan masing-masing epoch, dapat disimpulkan bahwa pada tahap Kalibrasi, didapat nilai terbaik pada epoch 1000 pembagian data 5 tahun (2009 – 2013) dengan nilai NSE sebesar 0.97 dan nilai R sebesar 0.99. Perhitungan untuk pembagian data yang lain disajikan pada Lampiran 7.

#### 4.6.3. Verifikasi

Pada proses verifikasi, data yang digunakan adalah data yang berada di luar periode yang digunakan pada tahap kalibrasi. Perhitungan Error pada hasil output dari tahun sisa dilakukan untuk melihat bagaimana selisih atau tingkat kesalahan antara hasil output dengan data asli di lapangan dengan rumus yang telah didapatkan dari proses training.

Tabel 4. 41

Kesesuaian Hasil Model Prediksi Matlab Tahun 2014 – 2018 Epoch 1000.

Bulan	Debit AWLR (m <sup>3</sup> /bulan)	Hasil JST (m <sup>3</sup> /bulan)	Error	MSE	X-Xrerata	(X-Xrerata) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	XY
Jan-14	407	407	1	0	114	12.928	165.763	165.355	165.559
Feb-14	349	206	142	20.288	55	3.048	121.557	42.525	71.897
Mar-14	315	283	32	1.007	22	467	99.250	80.260	89.251
Apr-14	317	176	141	19.937	23	546	100.369	30.839	55.635
May-14	203	204	-2	3	-91	8.268	41.010	41.688	41.348
Jun-14	110	29	81	6.546	-184	33.694	12.074	839	3.183
Jul-14	81	74	6	37	-213	45.339	6.482	5.543	5.994
Aug-14	59	19	41	1.655	-234	54.821	3.516	347	1.104
Sep-14	40	65	-25	648	-254	64.298	1.590	4.268	2.605
Oct-14	39	69	-30	870	-254	64.668	1.532	4.712	2.687
Nov-14	55	18	37	1.356	-239	56.915	3.011	326	990
Dec-14	256	279	-23	511	-37	1.369	65.761	77.868	71.559
Jan-15	500	94	406	164.737	207	42.700	250.080	8.874	47.108
Feb-15	546	754	-207	42.899	253	64.024	298.629	567.900	411.815
Mar-15	439	795	-355	126.309	146	21.243	192.888	631.372	348.976
Apr-15	290	58	231	53.492	-4	14	83.909	3.409	16.913
May-15	198	207	-10	92	-96	9.132	39.156	43.034	41.049
Jun-15	35	62	-26	693	-258	66.600	1.251	3.806	2.182
Jul-15	14	67	-53	2.831	-280	78.310	185	4.464	909
Aug-15	16	27	-11	127	-278	77.078	250	734	428
Sep-15	12	22	-10	95	-282	79.321	139	464	254
Oct-15	11	18	-7	54	-283	79.930	115	326	193
Nov-15	24	30	-6	32	-269	72.393	594	900	731
Dec-15	329	72	256	65.563	35	1.230	107.919	5.250	23.803
Jan-16	670	515	154	23.866	376	141.741	448.800	265.676	345.305
Feb-16	990	661	329	108.090	696	485.063	979.910	437.097	654.459
Mar-16	634	441	194	37.466	341	116.106	402.189	194.147	279.435
Apr-16	1.103	524	579	335.518	809	655.220	1.216.380	274.216	577.539
May-16	316	520	-204	41.565	23	517	99.972	270.463	164.435

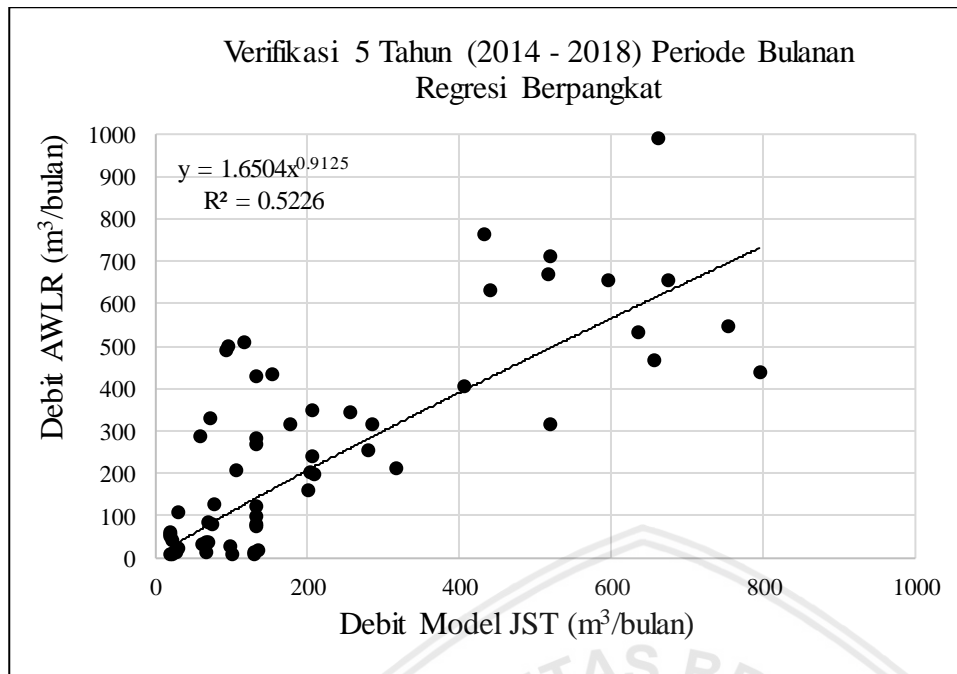


Lanjutan Tabel 4. 41 Perhitungan Error Hasil Pengolahan Matlab Tahun 2014 – 2018  
Epoch 1000.

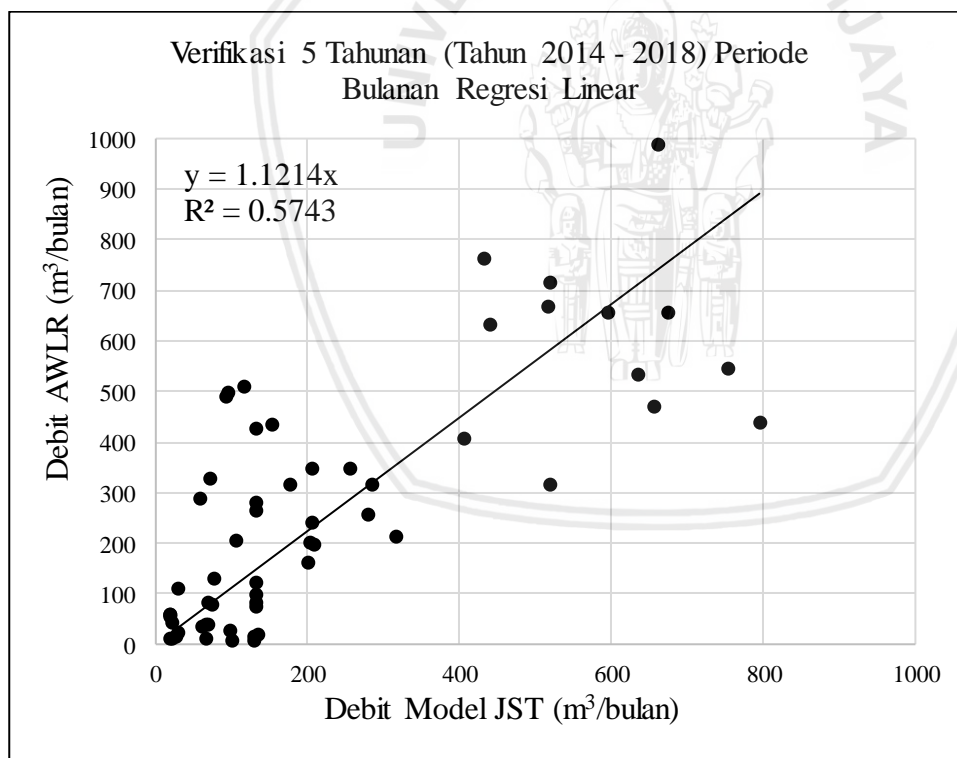
Bulan	Debit AWLR Hasil JST (m <sup>3</sup> /bulan)	Hasil JST (m <sup>3</sup> /bulan)	Error	MSE	X-Xrerata	(X-Xrerata) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	(Y) <sup>2</sup>	XY
Jun-16	715	520	195	38.072	421	177.497	510.858	270.008	371.397
Jul-16	213	315	-102	10.349	-80	6.432	45.472	99.208	67.166
Aug-16	124	133	-9	75	-169	28.642	15.425	17.648	16.500
Sep-16	9	129	-120	14.495	-285	80.973	79	16.713	1.148
Oct-16	267	133	134	18.041	-26	678	71.508	17.714	35.591
Nov-16	283	133	150	22.389	-11	115	79.925	17.710	37.623
Dec-16	434	152	283	79.871	141	19.871	188.706	23.040	65.937
Jan-17	658	675	-17	304	364	132.853	432.872	456.105	444.337
Feb-17	511	116	395	156.174	218	47.450	261.397	13.475	59.349
Mar-17	536	635	-100	9.929	242	58.642	286.867	403.538	340.238
Apr-17	491	92	398	158.690	197	38.837	240.600	8.492	45.201
May-17	243	205	38	1.478	-50	2.495	59.287	42.041	49.925
Jun-17	208	105	103	10.614	-85	7.295	43.276	11.026	21.844
Jul-17	129	77	52	2.744	-164	26.975	16.693	5.901	9.925
Aug-17	84	69	14	204	-210	44.007	6.999	4.812	5.803
Sep-17	45	22	23	524	-248	61.692	2.030	491	999
Oct-17	60	18	41	1.710	-234	54.597	3.574	340	1.102
Nov-17	470	656	-186	34.711	176	31.071	220.627	430.361	308.139
Dec-17	428	132	296	87.685	135	18.212	183.518	17.496	56.665
Jan-18	656	594	62	3.891	363	131.763	430.903	352.903	389.958
Feb-18	1.082	660	422	178.497	789	622.597	1.171.780	435.598	714.440
Mar-18	763	433	331	109.370	470	220.889	582.821	187.244	330.348
Apr-18	347	257	90	8.101	53	2.842	120.236	65.918	89.026
May-18	82	133	-51	2.628	-212	44.849	6.669	17.670	10.856
Jun-18	76	133	-57	3.242	-218	47.402	5.734	17.598	10.045
Jul-18	20	134	-114	13.001	-274	74.932	388	17.882	2.635
Aug-18	15	129	-114	12.954	-278	77.355	234	16.674	1.977
Sep-18	10	99	-89	7.956	-284	80.457	96	9.799	969
Oct-18	27	96	-69	4.785	-266	70.839	744	9.304	2.632
Nov-18	101	132	-31	942	-192	36.886	10.279	17.446	13.391
Dec-18	161	199	-38	1.437	-132	17.416	26.073	39.751	32.194
Sum	17.606	14.013	3.593	2.051.154	0	4.603.544	9.769.953	6.210.605	6.964.702
Rerata	293	234	60	34.186	0				
NSE					0,55				
R					0,78				
R <sup>2</sup>					0,57				

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

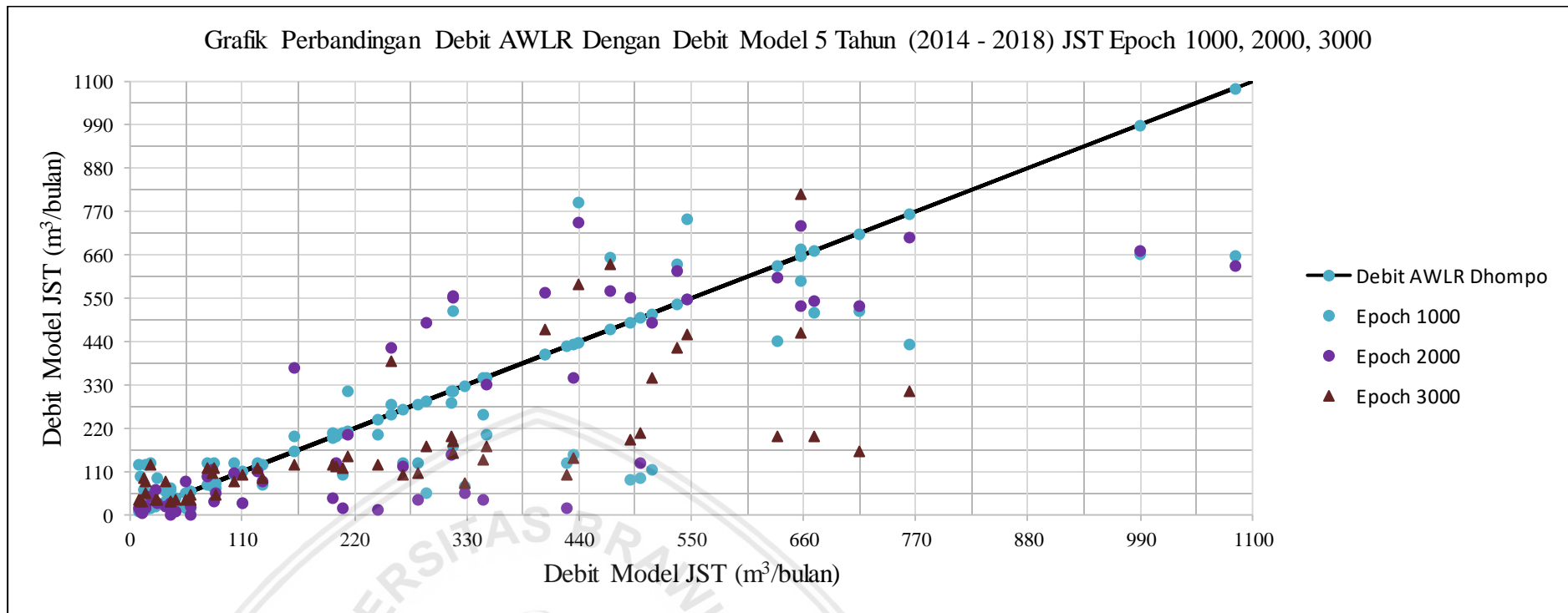




Gambar 4. 29 Grafik Verifikasi 5 Tahunan (2014 – 2018) Regresi Eksponensial.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Gambar 4. 30 Grafik Verifikasi 5 Tahunan (2014 – 2018) Regresi Linear.  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



*Gambar 4. 31* Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 5 Tahun (2014 - 2018) JST Epoch 1000, 2000, 3000  
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.31 menunjukan persebaran data debit model hasil JST terhadap data debit AWLR di lapangan dengan pembagian data 5 tahun verifikasi (2014 – 2018), semakin dekat hasil model dengan garis 45° maka semakin baik kualitas data model yang dihasilkan.

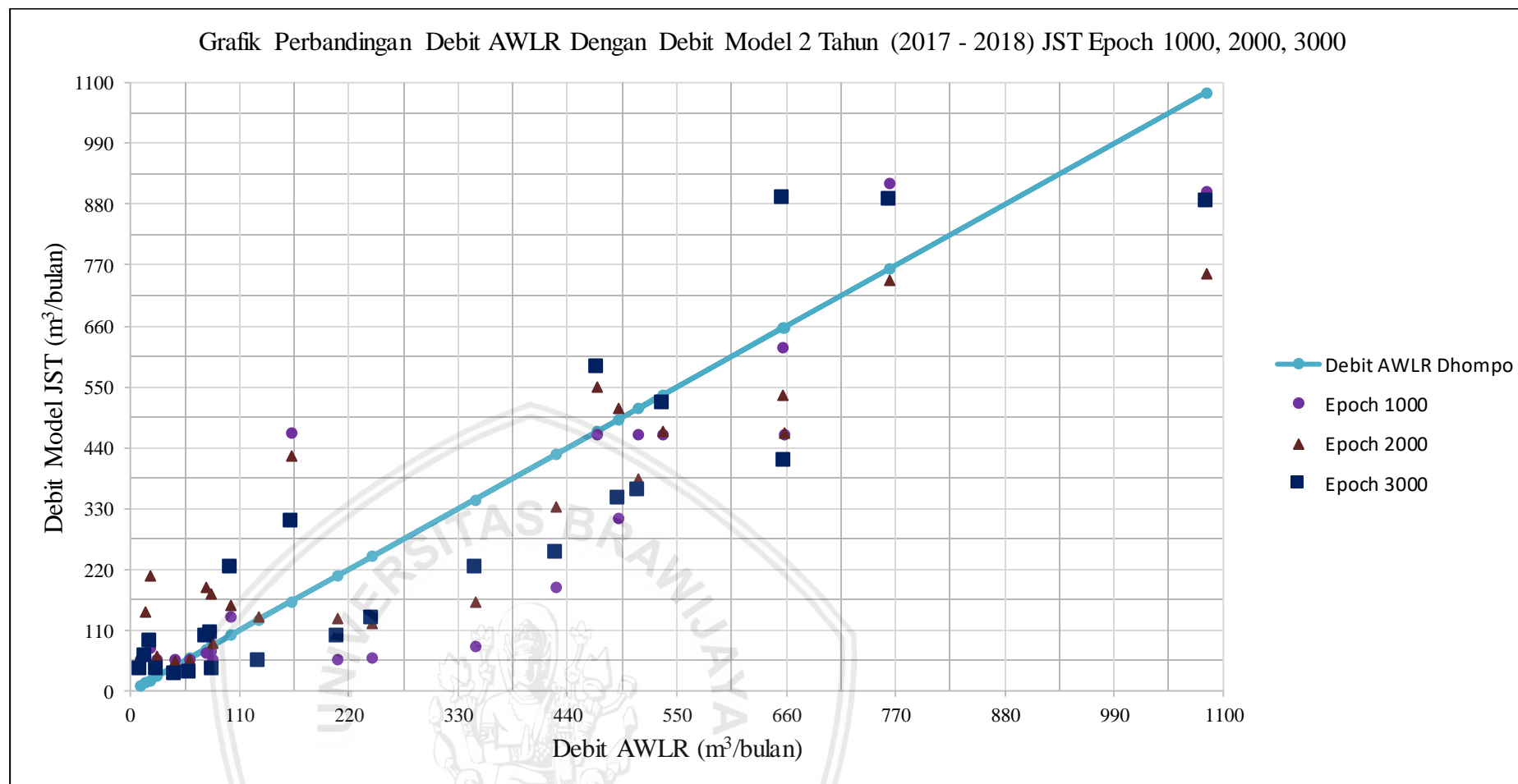
Tabel 4. 42

Perhitungan Error Hasil Simulasi Matlab R2017a

DATA 5 TAHUN (2014 - 2018)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	59,88	34.186	0,55	0,78	0,57
2000	48,17	29.739	0,61	0,81	0,62
3000	86,94	44.749	0,42	0,73	0,43
DATA 4 TAHUN (2015 - 2018)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	79,22	52.924	0,40	0,72	0,52
2000	73,45	56.847	0,35	0,65	0,31
3000	20,39	61.876	0,30	0,57	0,30
DATA 3 TAHUN (2016 - 2018)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	108,04	58.696	0,40	0,73	0,41
2000	98,91	65.575	0,33	0,67	0,44
3000	-90,24	73.572	0,24	0,61	0,37
DATA 2 TAHUN (2017 - 2018)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	40,36	17.801	0,78	0,90	0,80
2000	11,95	16.749	0,79	0,90	0,75
<b>3000</b>	<b>19,74</b>	<b>14.569</b>	<b>0,82</b>	<b>0,91</b>	<b>0,82</b>
DATA 1 TAHUN (2018)					
EPOCH	Error	MSE	NSE	R	R2
1000	-95,58	59.396	0,50	0,83	0,69
2000	6,95	34.183	0,71	0,84	0,71
3000	-106,70	39.717	0,67	0,90	0,82

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

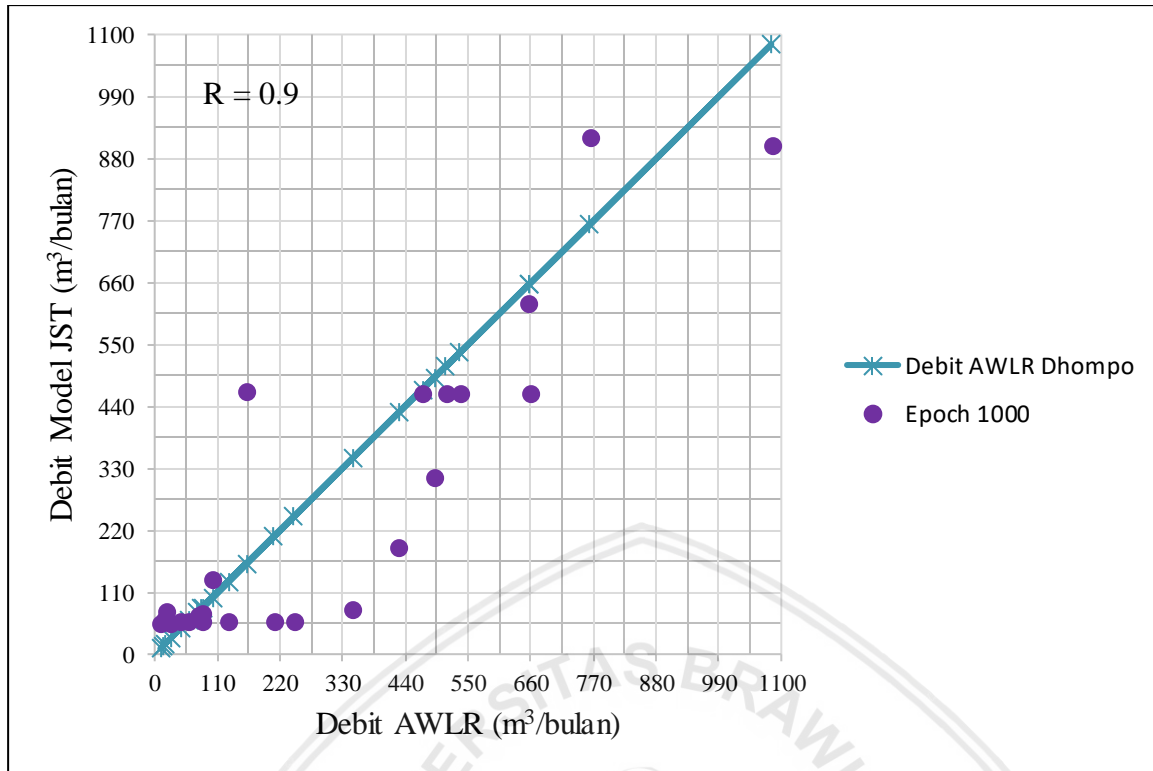
Berdasarkan tabel 4.42, pengolahan yang dilakukan dengan software Matlab R2017a dengan pembagian data 5, 4, 3, 2, dan 1 tahun dengan masing-masing epoch, dapat disimpulkan bahwa pada tahap Verifikasi, didapat hasil terbaik pada epoch 3000 pembagian data 2 tahun terakhir (2017 – 2018) dengan nilai NSE sebesar 0,82 dan nilai KR sebesar 0.91. Perhitungan untuk periode yang lain disajikan pada Lampiran 8.



Gambar 4. 32 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 1000, 2000, 3000

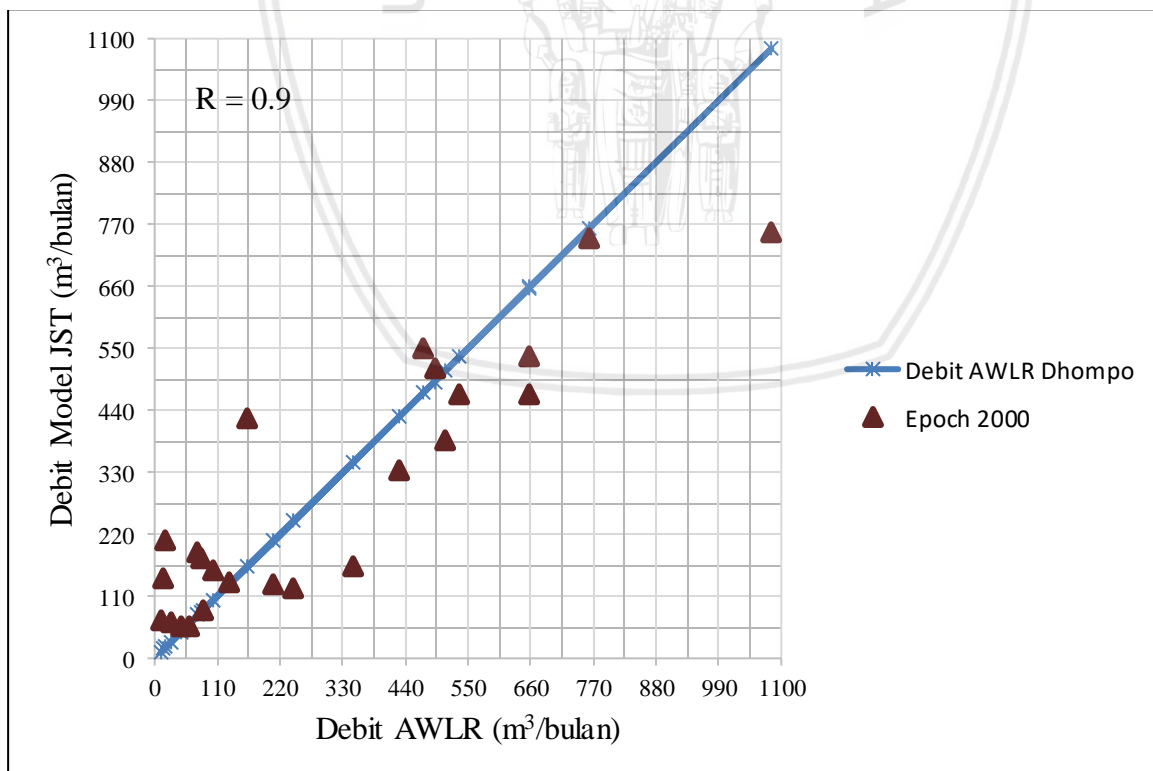
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.32 menunjukan persebaran data debit model hasil JST terhadap data debit AWLR di lapangan dengan pembagian data 2 tahun verifikasi (2017 – 2018), semakin dekat hasil model dengan garis 45° maka semakin baik kualitas data model yang dihasilkan.



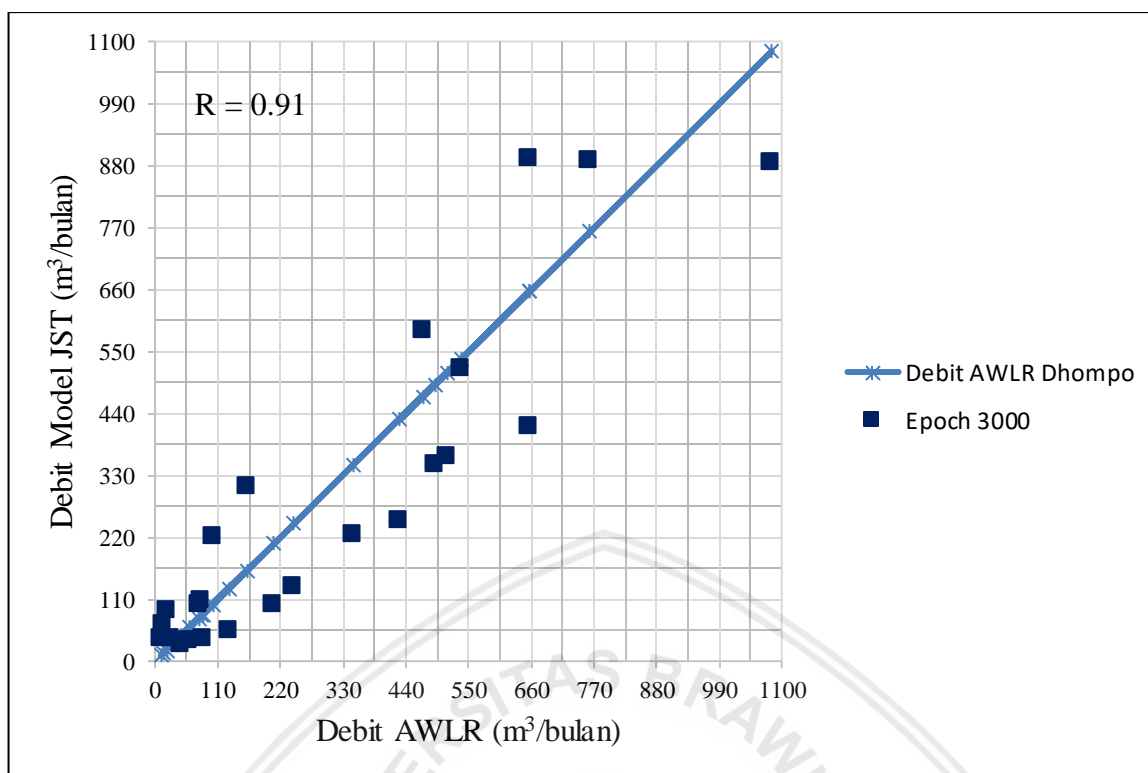
Gambar 4. 33 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 1000.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Gambar 4. 34 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 2000.

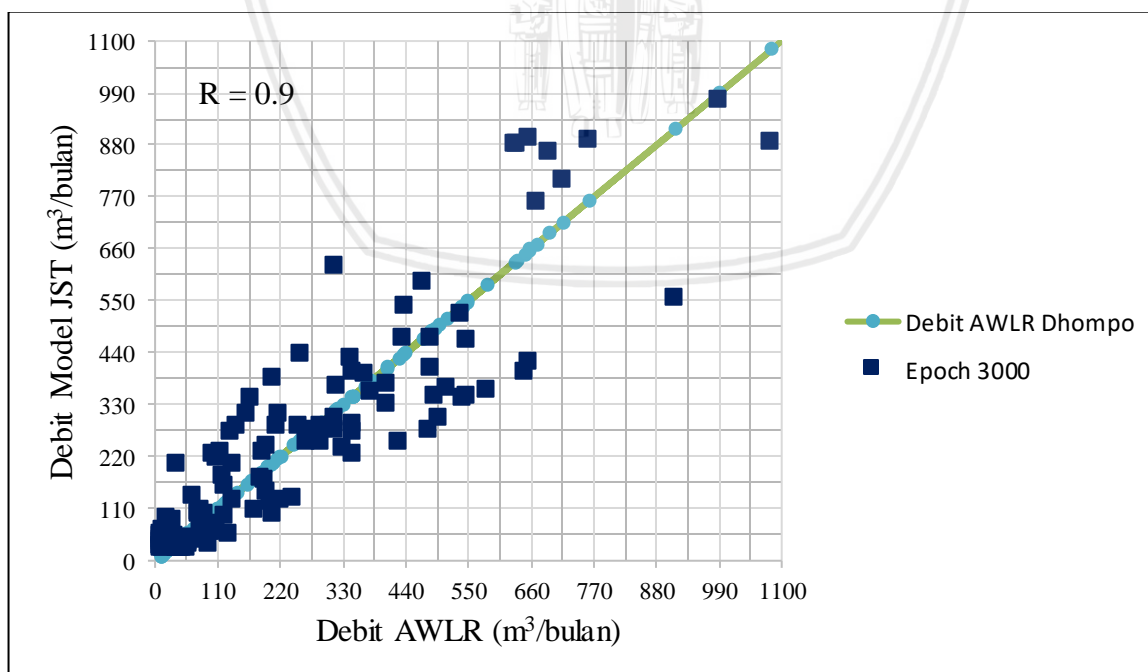
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Gambar 4. 35 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Debit Model 2 Tahun (2017 - 2018) JST Epoch 3000.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan gambar 4.33, 4.34, dan 4.34, didapat persebaran data setiap epoch pada pembagian data 2 tahun verifikasi (2017 – 2018), didapat nilai R yang sangat baik ( $R > 0,75$ ).



Gambar 4. 36 Grafik Perbandingan Debit AWLR Dengan Pembagian Data 8 Tahun Kalibrasi dan 2 Tahun Verifikasi Epoch 3000.

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berdasarkan gambar 4.36, didapat persebaran data pada hasil verifikasi terbaik, yaitu pada pembagian data model Kalibrasi 8 tahun (2009 – 2016), dan data model Verifikasi 2 tahun (2017 – 2018) pada epoch 3000 (dengan nilai R sebesar 0,91), dengan persebaran data model 10 tahun didapat nilai R sebesar 0,9.

#### 4.6.4. Validasi

Berdasarkan rekapitulasi hasil verifikasi diatas, menunjukkan bahwa hasil paling baik diperoleh dari data verifikasi 2 tahun (2017 – 2018) dan data kalibrasi 8 tahun (2009 – 2016), karena diumpamakan hasil terbaik ketika NSE kalibrasi tidak berbeda jauh dengan NSE verifikasi.

Hasil verifikasi akan dibandingkan dengan tahun yang sama dengan data lapangan (AWLR), kemudian dicari nilai NSE dan R nya dan dilihat kategori dari hasil tersebut berdasarkan tabel.

Tabel 4. 43

Rekapitulasi Hasil Validasi Berdasarkan Tabel Kategori.

Data 5 Tahun (2014 - 2018)				
Epoch	Parameter			
	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.55	Memenuhi	0.78	Kuat
2000	0.61	Memenuhi	0.81	Sangat Kuat
3000	0.42	Memenuhi	0.73	Kuat
Data 4 Tahun (2015 - 2018)				
Epoch	Parameter			
	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.4	Memenuhi	0.72	Kuat
2000	0.35	Tidak Memenuhi	0.65	Kuat
3000	0.3	Tidak Memenuhi	0.57	Sedang
Data 3 Tahun (2016 - 2018)				
Epoch	Parameter			
	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.4	Memenuhi	0.73	Kuat
2000	0.33	Tidak Memenuhi	0.67	Kuat
3000	0.24	Tidak Memenuhi	0.61	Kuat
Data 2 Tahun (2017 - 2018)				
Epoch	Parameter			
	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.78	Baik	0.90	Sangat Kuat
2000	0.79	Baik	0.90	Sangat Kuat
<b>3000</b>	<b>0.82</b>	<b>Baik</b>	<b>0.91</b>	<b>Sangat Kuat</b>
Data 1 Tahun (2018)				
Epoch	Parameter			
	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.5	Memenuhi	0.83	Sangat Kuat
2000	0.71	Memenuhi	0.84	Sangat Kuat
3000	0.67	Memenuhi	0.90	Sangat Kuat

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.



Berdasarkan rekapitulasi diatas, dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak data yang digunakan sebagai proses pelatihan (*training*) dengan data simulasi yang cukup, maka menghasilkan hasil yang lebih baik, hal ini dikarenakan perbedaan minimal dan maksimal dari data sangat mempengaruhi dalam proses pengerjaan Jaringan Syaraf Tiruan.

#### **4.6.4.1 Kesimpulan Hasil Validasi**

Berdasarkan hasil rekapitulasi diatas, didapat bahwa pembagian 8 tahun Kalibrasi dan 2 tahun Verifikasi mendapatkan hasil terbaik dengan NSE Kalibrasi sebesar 0,80 dan NSE Verifikasi sebesar 0,82 (Masuk dalam kategori Baik), serta nilai R kalibrasi sebesar 0,90 dan nilai R Verifikasi sebesar 0,91 (Masuk dalam kategori Sangat Kuat), yang mana hasil dari Kalibrasi dan Verifikasi hampir mendekati.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil Kalibrasi data debit AWLR dengan data debit model JST dengan model *Backpropagation* periode bulanan adalah sebagai berikut:
  - a. Nilai pada Metode NSE menunjukkan hasil “Baik” (Nilai  $NSE > 0.75$ ) pada semua periode, NSE terbesar dihasilkan pada kalibrasi 5 tahun (2009 – 2013) epoch 1000 dengan nilai  $NSE = 0,97$ .
  - b. Hubungan antara data debit AWLR dengan debit model Jaringan Syaraf Tiruan berdasarkan Metode Koefisien Korelasi (R) menunjukkan hasil yang sangat kuat, dimana seluruh nilai  $R > 0,8$ .
2. Hasil Verifikasi data debit AWLR dengan debit model JST dengan model *Backpropagation* periode bulanan didapat hasil Koefisien Korelasi yang cukup baik dengan nilai terbesar yaitu  $R = 0,91$ , dan menunjukkan bahwa dari 15 kali percobaan, 7 percobaan menunjukkan hasil ‘Sangat Kuat’, 7 percobaan menunjukkan hasil “Kuat”, dan 1 percobaan menunjukkan hasil “Sedang”.
3. Hasil Validasi data debit AWLR dengan perbandingan data debit model JST dengan model *Backpropagation* periode bulanan, nilai pada Metode NSE didapat hasil terbaik pada **periode 2 tahun (2017 – 2018) dengan epoch 3000** dengan nilai 0,82, dengan 3 Percobaan yang menunjukkan hasil “Baik”, 8 percobaan menunjukkan hasil “Memenuhi” dan 4 percobaan menunjukkan hasil “Tidak Memenuhi”.

Analisis validasi yang diperoleh untuk data Debit AWLR dengan Debit Model Jaringan Syaraf Tiruan menghasilkan data yang baik. Berdasarkan data model hasil kalibrasi dan verifikasi, diperoleh data yang baik dengan melihat hasil NSE dan Koefisien Korelasi yang sangat baik dengan pembagian data 8 tahun Kalibrasi dan 2 tahun Verifikasi yang menunjukkan nilai NSE yang berdekatan.

Dapat disimpulkan bahwa dari 15 kali percobaan, hanya 4 percobaan yang menunjukan hasil tidak valid, maka penggunaan metode Jaringan Syaraf Tiruan dapat digunakan sebagai metode alternatif sebagai pembangkit data atau prediksi dengan akurasi yang sangat baik.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan pada perhitungan Analisa menggunakan jaringan syaraf tiruan ini adalah:

1. Menggunakan rentang data yang lebih panjang sebagai data pelatihan dan data simulasi. Semakin panjang data yang digunakan, maka semakin baik hasil keluaran debit dari Jaringan Syaraf Tiruan.
2. Perlu diperhatikan bahwa tidak selalu hasil *Training* yang baik menghasilkan hasil Simulasi yang baik pula, perlu dilakukan beberapa kali percobaan untuk mencari hasil yang optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Edisi Ke-2)*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Ayyoub, M. (2017). *The Artificial Neural Network Method: A Practical Guide for Business Research*. *Journal of Business Strategies*, Vol. 11, No. 1, 2017, pp 113 – 132.
- Dar, L., A. (2017). *Rainfall-Runoff Modeling Using Artificial Neural Network Technique*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* Volume: 04 Issue: 11.
- Hadisusanto, Nugroho. (2010). *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta : Jogja Media Utama.
- Harto, Sri. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hasim, A. Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak dengan Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*). (2008). Tesis. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/41400> (Diakses 21 Januari 2019).
- Kurniawan, C. (2012). *Normalizing Data for Neural Network*. Forum. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/25759-normalizing-data-for-neural-networks>. (Diakses 21 Juni 2019).
- Kusumadewi, Sri. (2013). *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Kusumadewi, Sri. (2003). *Artificial Intelegence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kuzniar, K. Zajac, M. (2015). *Some Methods of Pre-Processing Input Data for Neural Networks*. Polish: *Institute of Fundamental Technological Research, Computer Assisted in Engineering and Science*, 22: 141 – 151.
- Litsaniyah, A. (2018). *Evaluasi dan Rasionalisasn Kerapatan Jaringan Pos Hujan dan Pos Duga Air dengan Metode Stepwise di DAS Welang*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- MathWorks. (). *Conjugate Gradient Backpropagation with Powell-Beale Restarts*. *The MathWorks Inc*. <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/traincgb.html>. (Diakses 30 Juni 2019).
- Minns, A., W., Hall, M., J. (1996). *Artifial Neural Network as Rainfall-Runoff Models*. *Hydrological Sciences –Journal- des Sciences Hydrologiques*, 41.
- Mitchell, T., M. (1997). *Machine Learning*. *United State of America: The McGraw-Hill Companies, Inc*.
- Montarcih, L. (2010) *Hidrologi Teknik Dasar*. Malang: Citra Malang.
- Motovilov, Y.G., dkk. (1999). *Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations*. Elsevier Agricultural and Forest Meteorology.
- Muchaimin, Yahya. (2017). *Analisa Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Di Sub Das Kadalpang Kabupaten Pasuruan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Dan Hubungannya Terhadap Aspek Topografi*. *Skripsi*. Tidak diterbitkan.

- Mustafa, M. R., Isa, M. H., Rezaur, R. B. (2012). *Artificial Neural Networks Modeling in Water Resources Engineering: Infrastructure and Applications. International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol: 6, No: 2.*
- Nevandria Satrya Yudha. (2016). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Kualitas Air Sungai di Titik Jembatan Jrebeng Kabupaten Gresik. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Oktavia Triana Kurniawati. (2016). Analisa Tinggi Muka Air Bengawan Solo Hilir Akibat Adanya *Floodway* dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Republik Indonesia. (2012). *Keputusan Pemerintah Nomor 12 Tentang Penetapan Wilayah Sungai*. Sekretariat RI. Jakarta.
- Siang, J. J. (2004). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : ANDI.
- Siska Widyastuti. (2016). Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model *Artificial Neural Network* di SUB DAS Lesti. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Soemarto, CD. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data [Jilid 1]*. Bandung : Nova.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data [Jilid 2]*. Bandung : Nova.
- Sunardi. (2011). Prakiraan Debit Air Sungai Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation Levenberg Marquardt* (Studi Kasus Bengawan Solo). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Supiyati, Bahri, S dan Erdi, I. (2009). Prediksi Jangka Pendek Debit. Bengkulu, Jurnal Fisika FLUX.
- Sosrodarsono, Takeda. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sutojo, T, dkk. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta : ANDI.
- Tarigan, G., H. (2014). Analisa Prediksi Data Debit Runtun Waktu Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* (Studi Kasus DAS Indragiri). Jom F. Teknik Volume 1 NO. 2 Oktober 2014.
- Ummul Muhlisa. (2016). Analisa Peramalan Gelombang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Perencanaan Dermaga TUKS PT. Petrokimia Gresik (PERSERO). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Widyastuti, S. (2016). Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model *Artificial Neural Network (ANN)* di Sub DAS Lesti. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Yuzy Alfahnie. (2016). Analisa Tinggi Curah Hujan berdasarkan Kondisi Klimatologi dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.